



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

**Návrh stanoviště pro plnění kontejneru
směsným odpadem**

**Design of a station for filling the container
with municipal waste**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

2020

Bc. Šimon Anděl

Studijní program: N2301 STROJNÍ INŽENÝRSTVÍ

Studijní obor: 2301T047 Dopravní letadlová a transportní technika

Vedoucí práce: Ing. Martin Havlíček

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci s názvem: „Návrh stanoviště pro plnění kontejneru směsným odpadem“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Havlíčka, s použitím literatury, uvedené na konci mé diplomové práce v seznamu použité literatury.

V Praze dne

Šimon Anděl

Poděkování

Chtěl bych poděkovat své rodině za podporu během studia a panu Ing. Martinu Havlíčkovi za vedení a trpělivost v průběhu vypracování této diplomové práce. Dále děkuji panu doc. Antonínu Bubákovi za rady při konzultacích.

Anotční list

Jméno autora: Bc. Šimon ANDĚL

Název DP: Návrh stanoviště pro plnění kontejneru směsným odpadem

Anglický název: Design of a station for filling the container with municipal waste

Rok: 2020

Studijní program: N2301 STROJNÍ INŽENÝRSTVÍ

Obor studia: 2301T047 Dopravní letadlová a transportní technika

Ústav: Ústav konstruování a částí strojů

Vedoucí DP: Ing. Martin Havlíček

Konzultant: doc. Ing. Antonín Bubák, Ph.D.

Bibliografické údaje: počet stran 75

počet obrázků 62

počet tabulek 15

počet příloh 0

Klíčová slova: směsný komunální odpad, překladiště odpadu, lisování odpadu

Keywords: mixed municipal waste, transfer station, pressing of waste

Anotace:

Tato diplomová práce se zabývá odpadovým hospodářstvím v České republice, způsoby lisování odpadu v překladištích pro směsný komunální odpad a základními prvky hydraulických okruhů. Dále je v ní popsán návrh konstrukčního řešení pro lisování a plnění kontejneru odpadem použitelným ve vertikální plnicí stanici společně s návrhem hydraulického okruhu.

Abstract:

This diploma thesis deals with waste management in Czech republic, ways of waste pressing in a transfer station for mixed municipal waste and basic elements of hydraulic circuits. The thesis also contains concept of construction solutions for pressing and filling containers with waste in vertical transfer station together with the design of the hydraulic circuit.

Obsah

Obsah.....	1
1. Úvod	4
2. Nakládání s odpadem v České republice.....	5
2.1. Legislativní stránka	5
2.1.1. Pojmy	5
2.1.2. Rozdělení odpadu	6
2.2. Plán odpadového hospodářství v ČR – POH.....	6
2.3. Celková produkce odpadu v ČR	7
2.4. Komunální a směsný odpad.....	8
3. Překladiště odpadu.....	10
3.1. Požadavky na překladiště odpadu	10
3.2. Svoz SKO v Praze.....	10
3.3. Důvody vzniku překladiště odpadu	11
3.4. Rozdělení překladišť na SKO.....	11
3.4.1. Horizontální	11
3.4.2. Vertikální	12
3.5. Části horizontálních překladišť na SKO.....	12
3.5.1. Samolisovací kontejnery.....	12
3.5.2. Stacionární lisy	13
3.5.3. Lisovací kontejnery.....	13
3.5.4. Šnekové lisy	14
3.5.5. Paketovací lis	14
3.5.6. Speciální lisy pro malé provozy	15
3.6. Části vertikálních překladišť na SKO.....	16
4. Hydraulický okruh a prvky hydraulických mechanismů	17
4.1. Hydrostatické převodníky	17
4.1.1. Hydrogenerátory.....	17
4.1.1.1. Zubové.....	17
4.1.1.2. Lamelové	18
4.1.1.3. Pístové.....	18
4.1.2. Hydromotory	18
4.1.2.1. Rotační	19
4.1.2.2. Přímočaré	19
4.2. Další prvky hydraulických okruhů	19
4.2.1. Tlakové ventily.....	19
4.2.2. Ventily pro řízení průtoku.....	20
4.2.2.1. Clony, trysky	20
4.2.2.2. Škrťací ventily	21
4.2.3. Ventily pro řízení směru průtoku	21
4.2.3.1. Uzavírací ventily a kohouty.....	21
4.2.3.2. Jednosměrné ventily a hydraulické zámky.....	21
4.2.3.3. Bezpečnostní ventil	22

4.2.4.	Rozvaděče.....	22
4.3.	Nádře, hydraulické akumulátory a filtry	22
4.3.1.	Hydraulické akumulátory	23
4.3.2.	Chladiče a ohřivače	23
4.3.3.	Filtry	23
4.4.	Synchronizace pohybu dvou a více lineárních hydromotorů	23
4.4.1.	Mechanický způsob synchronizace.....	24
4.4.2.	Hydraulické způsoby synchronizace	24
4.4.2.1.	Sériové zapojení hydromotorů.....	24
4.4.2.2.	Synchronizace pomocí děliče průtoků	25
4.4.3.	Synchronizace pomocí rotačních a lineárních děličů průtoku	25
4.4.4.	Synchronizace pomocí servotechniky	25
5.	Konstrukční návrh plnicího stanoviště	26
5.1.	Zadání	26
5.2.	Stanoviště navrženého vertikálního překladiště odpadu	26
5.2.1.	Princip navrženého stanoviště	26
5.2.2.	Stanoviště pro plnění a lisování odpadu	26
5.3.	Rozpracování zadání a návrh konstrukčních řešení.....	27
5.3.1.	Vstupní rozměrové parametry	27
5.3.2.	Vstupní lisovací parametry	28
5.3.3.	Shrnutí vstupních zadaných parametrů.	28
5.4.	Koncepční návrhy konstrukčního řešení stanoviště	29
5.4.1.	Návrh řešení násypky spojené s lisovacím zařízením.....	29
5.5.	Koncepční návrh stanoviště pro plnění kontejneru směsným odpadem	30
5.5.1.	Fáze plnění a lisování odpadu	31
5.5.2.	Rám násypky.....	32
5.5.3.	Dveře násypky.....	33
5.5.3.1.	Zajišťovací mechanismus dveří násypky	33
5.5.3.2.	Návrh hydromotorů pro pohyb s dveřmi násypky.....	34
5.5.4.	Uchycení držáků hydromotorů HM ₂ na rámu násypky	36
5.5.5.	Uchycení držáků hydromotorů HM ₁ na rámu násypky	36
5.5.6.	Mechanická synchronizace posuvů hydromotorů HM1	37
5.5.6.1.	Návrh ocelových lan	37
5.5.6.2.	Upevnění ocelových lan k násypce	38
5.5.6.3.	Návrh kladek.....	38
5.5.7.	Lineární vedení násypky – násypka	39
5.5.7.1.	Návrh rolen a lineárního vedení.....	39
5.5.7.2.	Uchycení rolen na násypce	39
5.5.8.	Prvky hydraulického okruhu na násypce	41
5.5.8.1.	Návrh vedení a zakrytování potrubí po násypce	41
5.5.9.	Zaplechování násypky	42
5.5.10.	Výsledné parametry násypky	42
5.6.	Konstrukční návrh nosné ocelové konstrukce	43
5.6.1.	Žebřík	44

5.6.1.	Pochozí lávka	44
5.6.2.	Uchycení kladek mechanické synchronizace posuvů hydromotorů na nosné konstrukci	45
5.6.3.	Lineární vedení násypky na nosné konstrukce	45
5.6.3.1.	Upevnění U profilů lineárního vedení.....	45
5.6.4.	Uchycení držáků hydromotorů HM ₁ na nosné konstrukci	46
5.6.5.	Návrh hydromotorů HM ₁ pro zdvih násypky a lisování.....	46
5.6.5.1.	Dimenzování průměru pístnice hydromotoru HM ₁	47
5.6.5.2.	Dimenzování průměru válce hydromotoru HM ₁	49
5.7.	Hydraulický okruh.....	51
5.7.1.	Návrh hydrogenerátoru	52
5.7.1.1.	Výpočet skutečného průtoku dodávaného hydrogenerátorem	52
5.7.2.	Volba elektromotoru	53
5.7.3.	Určení potřebného tlaku v hydraulickém obvodu	53
5.7.4.	Volba nádrže	53
5.7.5.	Návrh vedení pracovní kapaliny	54
5.7.5.1.	Návrh potrubí a hadic.....	54
5.7.5.2.	Energo-řetěz	55
5.7.6.	Funkční schéma hydraulického obvodu	56
6.	Pevnostní kontrola MKP	58
6.1.	Pevnostní kontrola rámu násypky	58
6.1.1.	Pevnostní kontrola rámu násypky – zvedání násypky	58
6.1.2.	Pevnostní kontrola násypky – lisování násypkou	59
6.1.3.	Pevnostní kontrola násypky – zvedání křídel dveří násypky	59
6.1.4.	Pevnostní kontrola násypky – dveře.....	60
6.2.	Pevnostní kontrola nosné konstrukce	60
6.2.1.	Pevnostní kontrola nosné konstrukce – zvedání násypky.....	60
6.2.2.	Pevnostní kontrola nosné konstrukce – lisování násypkou.....	62
6.2.3.	Pevnostní kontrola nosné konstrukce – zatížení jednoho hydromotoru násypkou ..	62
7.	Závěr.....	64
	Seznam použité literatury	65
	Seznam obrázků	69
	Seznam tabulek	71
	Seznam symbolů a zkratk	72

1. Úvod

Lidé mají již od počátku své existence potřebu získávat potravu a přetvářet si své okolí. Díky tomu je odpad pevně spjatý s lidskou civilizací a jeho množství narůstá společně se zvyšujícím se počtem obyvatel a pokrokem.

Díky archeologickým nálezům v Norsku se zjistilo, že už v době kamenné se lidé zbavovali zbytků potravy, kostí a popela na vyhrazeném místě a vznikaly tak první skládky.

S rostoucím množstvím populace na jednom místě vzrůstalo i množství vznikajícího odpadu. Jednotlivé kultury se s ním v průběhu let vypořádávaly různými způsoby, avšak všechny je musely nějak řešit, jelikož byly nedílnou součástí jejich života.

V Indii se například již 6500 let před naším letopočtem nacházely v domech šachty, které vedly odpad do jedné nádoby v určitém prostoru. Následně se kolem přelomu letopočtu v Jeruzalémě nacházelo první zaznamenané místo pro pálení a kompostování odpadu. Během Římské říše se využívalo kanalizací pro odvod fekálií z měst. K úpadku ve zpracování odpadu došlo během středověku v Evropě, kdy se vyhazovaly odpadky z oken na ulici. To vedlo k šíření nemocí, zápachu a znečišťování zdrojů pitné vody. Následně se díky tomu zase začalo věnovat nakládání s odpadem více pozornosti a ve městech vznikala povolání starající se o odvoz odpadu.

Na přelomu 19. a 20. století začínalo docházet k třídění odpadu na jednotlivé složky. Těmi byl tou dobou popel, biologický odpad a využitelný suchý odpad. Hlavní částí odpadu byl do 20. století biologický odpad a využíval se pro kompostování a následné využití jako hnojivo a jako krmivo pro hospodářská zvířata. S nástupem umělých hnojiv však došlo k výraznému poklesu využití biologického odpadu pro kompostování, jelikož umělá hnojiva byla účinnější.

Souběžně s vývojem nových druhů materiálů, a tedy i odpadů a jeho působením na přírodu kladl větší důraz na třídění, recyklaci, ukládání nebezpečného odpadu a energetické využívání odpadu. [1] Ve městech se začaly instalovat nádoby pro sběr odpadu a za městy se tvořily skládky pro pevný odpad. Od roku 1923 se například v Praze využívají sběrné nádoby na odpad. Dále vznikaly spalovny odpadu a první takováto spalovna byla na našem území postavena roku 1905 v Brně a v třicátých letech byla následovaná spalovnou v Praze ve Vršovicích.

V druhé polovině 20. století se ve světě zlepšovalo zacházení s odpadem. Oproti tomu u nás se za socialismu s odpadem zacházelo nerozvázně a pro výstavbu skládek a skládkování jako takové nebyly vypsány žádné normy. Docházelo tak ke kontaminaci okolí a vzniklé škody a dopady na prostředí v okolí skládek se řeší ještě dnes. [2]

V současnosti je snaha ze strany jednotlivých vyspělých států řešit nakládání s odpadem co nejlépe jak po ekologické, tak i ekonomické stránce a proto vznikají nová zařízení starající se o svoz a zpracování odpadů. Jedním z nich je i překladiště odpadu, pro které je v této diplomové práci navrhováno stanoviště starající se o plnění kontejneru směsným odpadem.

2. Nakládání s odpadem v České republice

V současnosti je na všechny vyspělé země a jejich obyvatelstvo vyvíjen velký tlak ze strany ochránců přírody pro nakládání s odpadem. Pro Českou republiku a ostatní země Evropské unie vznikají nové zákony a nařízení ohledně nakládání s tímto odpadem a jeho vznikem.

2.1. Legislativní stránka

Pro lepší porozumění rešeršní části této diplomové práce jsou zde uvedeny základní pojmy, které se v této práci vyskytují a tykají se odpadů anebo činnostmi s odpady spojenými. Následující pojmy jsou citovány z § 3 a § 4 zákona č. 185/2001 Sb. o odpadech.

2.1.1. Pojmy

Odpad je každá movitá věc, které se osoba zbavuje nebo má úmysl nebo povinnost se jí zbavit [3]. Ke zbavování se odpadu dochází vždy, kdy osoba předá movitou věc, k využití nebo k odstranění ve smyslu tohoto zákona nebo předá-li ji osobě oprávněné ke sběru nebo výkupu odpadů podle tohoto zákona bez ohledu na to, zda se jedná o bezúplatný nebo úplatný převod. Ke zbavování se odpadu dochází i tehdy, odstraní-li movitou věc osoba sama. [4]

Odpadové hospodářství je činnost zaměřená na předcházení vzniku odpadů, na nakládání s odpady a na následnou péči o místo, kde jsou odpady trvale uloženy, a kontrola těchto činností. [5]

Nakládáním s odpady se myslí obchodování s odpady, shromažďování, sběr, výkup, přeprava, doprava, skladování, úprava, využití a odstranění odpadů. [6]

Shromažďování odpadů je krátkodobé soustředování odpadů do shromažďovacích prostředků v místě jejich vzniku před dalším nakládáním s odpady. [7]

Skladováním odpadů se myslí přechodné soustředování odpadů v zařízení k tomu určeném po dobu nejvýše 3 let před jejich využitím nebo 1 roku před jejich odstraněním. [8]

Sběr odpadů je soustředování odpadů právnickou osobou nebo fyzickou osobou oprávněnou k podnikání od jiných osob včetně jejich předběžného třídění a předběžného skladování za účelem jejich přepravy do zařízení na zpracování odpadu. [9]

Tříděný sběr – sběr, kdy je tok odpadů oddělen podle druhu, kategorie a charakteru odpadu s cílem usnadnit specifické zpracování. [10]

Úprava odpadů – je každá činnost, která vede ke změně chemických, biologických nebo fyzikálních vlastností odpadů (včetně jejich třídění) za účelem umožnění nebo usnadnění jejich dopravy, využití, odstraňování nebo za účelem snížení jejich objemu, případně snížení jejich nebezpečných vlastností. [11]

2.1.2. Rozdělení odpadu

Zákon také přesně rozděluje odpad na různé skupiny, a to následujícím způsobem.

Nebezpečný odpad – odpad vykazující jednu nebo více nebezpečných vlastností uvedených v příloze přímo použitelného předpisu Evropské unie o nebezpečných vlastnostech odpadů. [12]

Komunální odpad – KO – veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti fyzických osob a který je uveden jako komunální odpad v Katalogu odpadů, s výjimkou odpadů vznikajících u právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání. [13]

Odpad podobný komunálnímu odpadu – veškerý odpad vznikající na území obce při činnosti právnických osob nebo fyzických osob oprávněných k podnikání a který je uveden jako komunální odpad v katalogu odpadů. [14]

Směsný komunální odpad – SKO – se nezařazuje do kategorie nebezpečný a původce a oprávněná osoba nejsou povinni s ním nakládat jako s nebezpečným [15]. Jedná se o zbytkovou směs komunálních odpadů, která vznikne po vytrídění využitelných složek odpadu, jako papír, plasty, sklo a nápojové kartony. Vyhazuje se do nádob na směsný odpad. [16]

2.2. Plán odpadového hospodářství v ČR – POH

Na konci roku 2014 došlo ke schválení nového POH ČR pro roky 2015 až 2024. Tento plán řeší dlouhodobou strategii předcházení vzniku a nakládání s odpady.

Hlavním cílem tohoto plánu je v budoucnu více energeticky využívat SKO v zařízeních k tomu určených. Snížovat jeho produkci opětovným využíváním již použitých výrobků a zavedením nových zařízení pro třídění využitelných složek KO. Do roku 2020 je v plánu zvýšit u odpadů jako je plast, sklo a papír podíl recyklovaných a znovu využitelných odpadů alespoň na 50 % z celkové produkce těchto odpadů. Dále je třeba vytvořit síť zařízení sloužících k nakládání s odpadem. [17]

V tomto plánu je také stanoveno, že ze zákona nebude možné od roku 2024 ukládat odpad na skládky. Realita je ovšem jiná a hrozí, že obce do roku 2024 pravděpodobně nestihnou vytvořit dostatečné podmínky pro zrušení skládkování vytvořením nových zařízení pro recyklaci, třídění a energetické využití odpadů. Tato

zařízení se totiž teprve začínají navrhovat a stavět. Je možné že pokud nedojde k posunutí zakazu skládkování, tak bude odpad odvezen do ciziny, kde mají více energeticky zpracovatelských zařízení. Přitom nová zařízení pro zpracování odpadu přinesou nové pracovní pozice a jistotou v tomto odvětví je, že v následujících letech s vzrůstajícím počtem obyvatel se dá počítat s rostoucím množstvím odpadu. [18]

2.3. Celková produkce odpadu v ČR

V následující tabulce je možné vidět vývoj celkové produkce odpadu v letech 2009 až 2017 pro Českou republiku. V roce 2017 se vyprodukovalo 34,5 milionů tun odpadu. Z toho 1,5 tis. tun byl nebezpečný odpad a 33 tis. tun byl ostatní odpad. Je možné pozorovat, že v průběhu let se zvyšuje množství produkce celkového odpadu. [19] Lez pozorovat přímou úměru mezi výší HDP. S rostoucím HDP jednotlivých států a krajů roste množství produkovaného odpadu, neboť množství odpadu je závislé na výši příjmů, životní úrovni a celkovém životním stylu obyvatel. [20]

Tabulka 1 – Celková produkce odpadu pro Českou republiku v letech 2009-2017 [19]

Produkce odpadu v [tis. t]	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Nebezpečný odpad	2 161	1 784	1 841	1 637	1 443	1 566	1 504	1 444	1 508
Ostatní odpad	30 106	30 027	28 831	28 386	29 177	30 463	35 834	32 798	33 005
Celková produkce odpadu	32 267	31 811	30 672	30 023	30 621	32 028	37 338	34 242	34 513

Složení celkové produkce pro rok 2017 je vysáno v tabulce 2. množstvím v tisících tunách a procentuálním podílem z celkového množství vyprodukovaného odpadu.

Tabulka 2 – Složení celkové produkce odpadu pro rok 2017 [21]

	Množství [tis. t]	% podíl z hmotnosti
Stavební a demoliční odpady	20 743	60,1
Komunální odpady	5 543	16,0
Odpady ze zařízení na zpracování odpadu	2 771	8,0
Odpady z tepelných procesů	1 755	5,1
Odpadní obaly	1 229	3,6
Ostatní skupiny odpadů	2 472	7,2
Celkově	34 513	

V následující tabulce je zaznamenán procentuální podíl jednotlivých způsobů zpracování a využití celkové produkce odpadu pro roky 2009 až 2017.

Tabulka 3 – Využití odpadu pro roky 2009-2017 [21]

% Podíl z celkové produkce odpadu	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Energetické využití	2,2	2,8	3,3	3,5	3,4	3,5	3,1	3,5	3,6
Materiálové využití	72,5	70,7	74,9	75,8	76,1	79,5	83,2	81,6	80,5
Skládkování	14,6	13,5	12,6	12,7	11,3	10,3	8,6	9,5	9,8
Spalování	0,2	0,3	0,2	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,3

Je vidět, že pro rok 2017 bylo 80,5 % těchto odpadů využito materiálově. To znamená, že se z odpadu pomocí určitých procesů získávají suroviny, které je možno dále využít pro další výrobu. Dojde tak díky tomu k úspoře primárních surovin jako je ropa, zemní plyn anebo uhlí. V současné době neumíme materiálově využít větší množství odpadů, jelikož pro takovou úpravu odpadu je potřeba technologie, která je v některých případech příliš složitá a finančně náročná pro provoz. V budoucnu se ale počítá s tím, že díky pokroku v technologii se vymyslí i nové postupy pro materiálového využití odpadu. [22] Energeticky využito bylo 3,6 % a skládkováním se zpracovalo 9,8 % z celkové produkce odpadu.

2.4. Komunální a směsný odpad

Společně s rostoucím množstvím celkové produkce odpadu roste i množství komunálního odpadu. Lze si toho všimnout v následující tabulce, kde množství KO pro Českou republiku od roku 2009 do roku 2017 stoupl z 5 324 tisíc tun na 5 691 tisíc tun. Dále je možné sledovat pokles produkce SKO z 3 284 tisíc tun na 2 801 tisíc tun za rok, což je dobře a značí to, že se daří plnit POH. Do budoucna se předpokládá, že tento trend s poklesem produkce SKO bude pokračovat.

Tabulka 4 – Produkce KO a SKO roky 2009–2017 v ČR [23]

	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
KO vyjma směsného v [tis. t]	2 040	2 219	2 320	2 260	2 308	2 388	2 437	2 792	2 890
SKO v [tis. t]	3 284	3 143	3 068	2 933	2 860	2 936	2 837	2 821	2 801
SKO v přepočtu na obyvatele v [kg/obyv.]	313	299	292	279	272	279	269	267	264
Celková produkce KO [tis. t]	5 324	5 362	5 388	5 193	5 168	5 324	5 274	5 613	5 691
Celková produkce KO v přepočtu na obyvatele [kg/obyv.]	507	510	513	494	492	506	500	531	537

Množství produkce SKO je pro jednotlivé kraje ČR rozdílné. Největší množství směsného odpadu v přepočtu na obyvatele spadá do Vysočanského kraje, kde se jedná o 324

kg/obyvatele za rok. Nejmenší množství vyprodukovaného SKO na obyvatele je v Libereckém kraji a to 226,1 kg za rok. Praha je na tom pro porovnání 256,1 kg na obyvatele za rok. [23]

Tabulka 5 – Využití KO v ČR pro roky 2009-2017 [23]

% podíl využití KO	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Energetické využití	6	8,87	10,83	11,75	11,89	11,78	11,76	12,12	12,04
Materiálové využití	22,6	24,29	30,84	30,36	30,22	34,75	35,6	38,06	37,53
Skládkování	64,04	59,47	55,36	53,64	52,22	48,27	47,38	44,95	45,4
Spalování	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,07	0,07	0,06	0,06

V předchozí tabulce je možné vidět nakládání s KO vztažené k celkové produkci KO v ČR mezi lety 2009 a 2017. Lze pozorovat, že stoupá využívání KO jak z materiálové, tak z energetické stránky. Zároveň je vidět, že podíl KO odstraněným skládkováním klesl z 64,04 % na 45,4 %. Díky novému POH se očekává, že do roku 2024 bude množství skládkovaného KO blízké nule. [23]

3. Překladiště odpadu

V této práci bylo třeba navrhnout stanoviště, které může být součástí vertikálního překladiště odpadu. Princip překladiště je takový, že na vyhrazené ploše vyloží svozová vozidla SKO a odjedou pryč. Poté dojde k přesunutí odpadu do větších přepravních kontejnerů. Většinou dochází ještě ke zmenšení objemu odpadu pro jeho efektivnější a levnější převoz do koncového zařízení pro zpracování odpadu. Tím může být skládka, zařízení pro energetické využití odpadů jako například spalovna ZEVO Malešice anebo kompostárna.

Překladiště neslouží k dlouhodobějšímu skladování odpadu, ale je schopné uskladnit odpad na dobu nezbytně nutnou v případě komplikací s odvozem kontejnerů již naplněných odpadem.

3.1. Požadavky na překladiště odpadu

Navržení správné technologie pro překladiště odpadu se odvíjí především od toho, kolik odpadu má být schopno překladiště zpracovávat za den. Dále je důležité vědět, jestli je již vybraná lokalita s vymezenými rozměry pro překladiště. Jaké jsou preference pro nakládání s odpadem od vykládky odpadu ze svozových vozidel až po jeho odvoz z překladiště. Jednotlivé fáze a možnosti jsou probrány dále v řešeršní části.

V případě této práce bylo na překladiště odpadu kladeno několik hlavních nároků:

- v blízkosti se nachází již vzniklé tramvajové a vlakové koleje
- svoz je zajištěn svozovými vozidly o objemu prostoru 5 m³
- lisování odpadu probíhá ve vertikální poloze kontejneru
- lisovací síla je 30 kN
- kontejnery naplněné SKO je možné odvážet nákladním vozidlem, vlakem a upravenou tramvají
- provoz je zcela automatický

3.2. Svoz SKO v Praze

V současné době se o sběr a svoz odpadu v Praze stará několik firem. Největší plochu zabírají Pražské služby, a.s., další podniky jsou AVE Pražské komunální služby a.s., Ipodec – čisté město, a.s. a jako poslední je Komwag, podnik čistoty a údržby města, a.s.

V Praze se aktuálně nachází cca 117 000 kusů sběrných nádob na odpad. Většina odpadu je svážena do ZEVO Malešice, kde dojde k jeho spálení a následné využití uvolněné energie pro výrobu elektřiny. Zbývá část odpadu se ukládá na skládky směsného odpadu, které se nachází např. v Benátkách nad Jizerou nebo v Ďáblicích. [24]

3.3. Důvody vzniku překladiště odpadu

Hlavním důvodem vzniku překladiště je snížit cenu za svoz odpadu pomocí klasických vozidel pro svoz odpadu na delší vzdálenosti. Podle provedené studie je výhodné postavit překladiště odpadu v případě, že délka trasy vozidel tam a zase zpět je delší než 55 km. [25] Při návrhu takového překladiště například pro Prahu by se jednalo o vozy, které se starají o svoz odpadu v oblastech, které jsou více vzdáleny Malešicím a jejich trasa by byla delší než 55 km.

Dále dojde ke snížení hustoty provozu a tím snížení množství produkovaných emisí CO₂ ve městě. Navíc by bylo možné využít staré modely tramvají pro převoz kontejnerů naplněných odpadem a využití prázdných kolejových tratí v nočních hodinách pro jejich převoz.

3.4. Rozdělení překladišť na SKO

Obecně se dají překladiště rozlišovat podle osy lisovacího zařízení, které stlačuje a případně posunuje odpad do kontejnerů, ve kterých je pak následně odpad odvážen pryč. Jedná se o horizontální a vertikální překladiště.

Dále je důležité, jak je odpad dopravován do kontejneru. U všech druhů plnění je odpad sypán do kontejneru nebo do lisovací komory shora a překladiště se navrhuje jako jednoúrovňová a víceúrovňová v závislosti na provedení příjezdu svozových vozidel a jejich vysypávání odpadu a jeho následné přesunutí do kontejneru.

3.4.1. Horizontální

Osa lisovacího zařízení je horizontální. Výhodou je, že při plnění kontejneru odpadem nemusí být odpad dopraven do tak velké výšky jako je tomu u vertikálního překladiště. Dále je snazší manipulace s kontejnery. Na následujícím obrázku je vidět kontejner společně s horizontálním lisovacím zařízením a násypkou v podobě věže. Také jsou vidět koleje sloužící k posunu kontejneru.



Obrázek 1 – Horizontální víceúrovňové překladiště odpadu s násypkou, stacionárním lisem a kontejnerem umístěným na kolejnicích [26]

3.4.2. Vertikální

Osa lisovacího zařízení je vertikální a využívá se působení gravitační síly na odpad a na těleso lisu. Lisovací síla nemusí být tak velká jako u horizontálního lisu. Dále se odpad často vsypává přímo do kontejneru, takže je okolí méně zamořeno zápachem. Na následujícím obrázku je zobrazeno vertikální překladiště, nájezdovou rampou a vykládáním SKO přímo do kontejneru. Dále je vidět žlutý lis, který slouží k lisování odpadu v kontejnerech. [27]



Obrázek 2 – Vertikální víceúrovňové překladiště odpadu [27]

3.5. Části horizontálních překladišť na SKO

V této části se zaměřím na jednotlivá zařízení, která se používají pro lisování odpadu v horizontálních překladištích.

3.5.1. Samolisovací kontejnery

V tomto případě se jedná o kontejner, jehož součástí je lisovací zařízení. Samolisovací kontejner se tak skládá ze dvou hlavních částí. Lisovací komory a prostoru pro slisovaný odpad. Objem kontejneru může být od 16–26 m³.

Do lisovací komory je odpad dopravován shora skrz násypku. Tato násypka může být upravena pro požadovaný způsob plnění a může být vybavena vyklápecími zařízeními pro různé druhy nádob, kterými je v plánu kontejner plnit. [28]

Pro lisování se používají se dva způsoby. Pomocí lisovacího beranu, který je veden lineárním vedením anebo lisovacím kladivem pohybujícím se po čtvrtkružnici.

Tyto samolisovací kontejnery jsou využívány tak, že ve městech nahrazují klasické odpadní nádoby na SKO tak, že se umístí pod zem. Lidé vhazují odpad skrz násypku na povrchu, odpad je následně slisován a uskladněn v kontejneru. Po naplnění kontejneru nebo uplynutí určité doby je kontejner celý vyjmut ze země a nahrazen jiným prázdným kontejnerem. Plný kontejner je následně převezen na místo pro energetickou úpravu odpadu nebo na skládku odpadu. Výhodou tohoto řešení je to, že dojde k uvolnění prostoru na povrchu a omezení zápachu. Zároveň díky lisování odpadu a velkému objemu kontejneru se sníží spotřeba a vytíženost vozidel pro odvoz odpadů. Umístění takového typu kontejneru na ulici je vidět na dalším obrázku.



Obrázek 3 – Podzemní samolisovací kontejner s výtahem [29]

3.5.2. Stacionární lisy

Jedná se o lisy, které jsou pevně uloženy v zemi a k těmto lisům se postupně přisouvají prázdné kontejnery. Lisování probíhá v lisovací komoře a stlačený odpad je následně vsunut do přisunutého kontejneru. Tyto kontejnery mohou být pro zefektivnění manipulace s nimi umístěny na konstrukci s rolnami, díky kterým se mohou pohybovat po položených kolejnicích. Na kolejnicích může být za sebou vyskládáno několik prázdných kontejnerů, které se postupně přisouvají k lisovacímu zařízení a po naplnění jsou odváženy pryč.

Přichycení kontejneru k lisu je zajištěno buď hydraulickými západkami nebo pákovým mechanismem se závitem, který sevrou kontejner a zajistí ho tak pro plnění odpadem.

Pro plnění kontejneru odpadem a jeho lisování je třeba mít jednu stranu kontejneru otevíratelnou. K tomu se ve většině případů používají zasunovací vrata. Ta se při připojení kontejneru na lisovací zařízení vysunou hydraulickými válci nahoru a následně se po naplnění odpadu zasunou zpět na své místo.

O pohon lisu se stará hydraulický válec s lisovací silou 300-500 kN a těleso lisu je vedeno lineárním vedením (Obr 4). [30]



Obrázek 4 – Stacionární lis s připojeným kontejnerem [30]

3.5.3. Lisovací kontejnery

Jedná se o samotné kontejnery, které jsou tvořeny plechovou stěnou, rámem, který slouží k manipulaci s kontejnerem a zároveň pro jeho zpevnění. Lisování odpadu probíhá v tělese kontejneru. V závislosti na plánovaném použití kontejneru a jeho přepravu se může lišit jeho konstrukce a velikost. Obecně mají kontejnery oko a rolny pro hákové nebo řetězové nakládání kontejneru na nákladní vozidla pomocí ramene. Dále mohou mít v

patkách oka pro upevnění k prostředku na kterém jsou převáženy. Mohou mít objem od 6-50 m³ tyto kontejnery se používají s lisovacími jednotkami. [31]

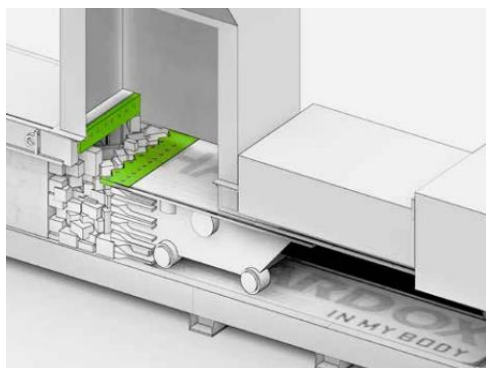
3.5.4. Šnekové lisy

Šnekové lisy se dají využít jak u samolisovacích kontejnerů, tak u stacionárních kontejnerů s tím rozdílem, že o lisování a posun odpadu do kontejneru se stará rotující šnek s horizontální osou. Ten drtí a tlačí odpad do kontejneru. Přisun odpadu může být v závislosti na provedení zajištěn buď výsypným zařízením nebo násypkou s přísunem odpadu.

Výhodou oproti lisům s hydraulickým pohonem je, že nehrozí žádný únik z hydraulického obvodu lisovacího zařízení. [32]

3.5.5. Paketovací lis

Toto zařízení je podobné strojům, které se používají pro lisování pícniny a skládá se z dopravníku, násypky, lisovací komory tvořené pohyblivými stěnami a hydraulickými lisy. Odpad se dostane do lisovací komory skrz násypku pomocí dopravníků nahrnutím bagrem nebo přímým vysypáním ze svozového vozidla. Jednotlivé prvky takového paketovacího lisu jsou na následujících obrázcích.



Obrázek 6 - Řez lisovací komorou [33]



Obrázek 5 - Mechanismus lisování pomocí čelistí [33]

Lisovací komora (Obr. 5) se skládá z klece, která je tvořena materiálem odolným vůči abrazi např. hardoxu. Využívá se dvou hydraulických válců. Jeden je umístěn v horizontální poloze (Obr. 6) a tlačí odpad ve směru požadovaného pohybu. Tento lis dosahuje síly od 300–1700 kN. Další je umístěn nad klecí a pomocí jednoduchého nůžkového principu pohybuje s čelistmi, které tlačí do bočních stěn lisovací komory a stlačují odpad podoby kvádrů.

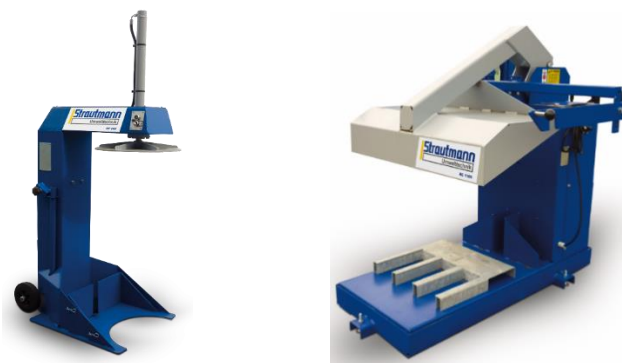
Následně je balík vysunut z lisovací komory horizontálním hydraulickým lisem na dopravník. Ten balík dopraví do rotačního baliče, kde je zabalen do plastové folie nebo je svázan drátem. Obě varianty se používají pro zachování tvaru balíků a zjednodušení manipulace s nimi. U varianty s folií je výhoda, že při manipulaci s balíky nedochází k znečišťování okolí tekutinou z odpadu a zápachem. Uvolněná tekutina vznikající při přechování odpadu může být svedena do odtokového žlabu kolem lisovací komory a následně odvedena pomocí ocelových stěrek do kontejneru pro to určeného. Díky tomu, že dojde k vy lisování tekutiny z odpadu, tak je snížena hmotnost odpadu až o 25 %. V závislosti na provedení se liší velikost těchto lisů a s tím i množství odpadu, který jsou tyto paketovací lisy schopny zpracovat za hodinu a to 3-90 tun. S váhou balíku od 250 - 1 200 kg s šířkou a

výškou od 0,8-0,55 m až po 1,1-1,1 m. Délka balíků je u jednotlivých strojů nastavitelná podle požadavků. Největší rozměry těchto paketicích lisů jsou cca 15 m na délku s šířkou a výškou 5 m. [33]

3.5.6. Speciální lisy pro malé provozy

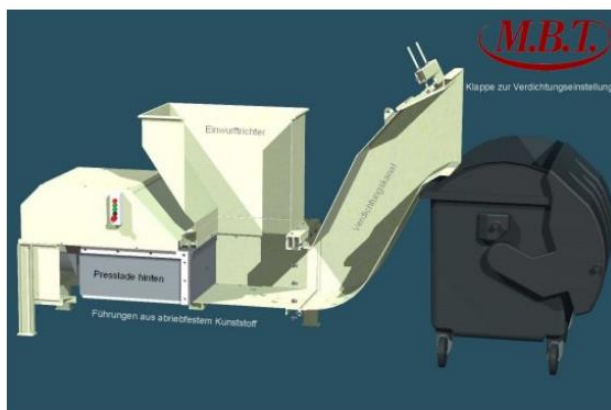
Pro použití v místech s velkou produkcí odpadu, ale nedostatkem prostoru pro samolisovací kontejnery, jako jsou například hotely, restaurace, kavárny a nemocnice, je možné využít malá zařízení pro lisování odpadu (Obr. 7).

Tato zařízení v závislosti na provedení se skládají buď ze speciální nádoby o malém objemu cca 0,5 m³ do které se umístí pytel a do tohoto pytle se následně vkládá odpad, který je postupně lisován buď hydraulicky anebo pneumaticky. Do jednoho pytle se dá nalisovat až 50 kg odpadu. Tento pytel s odpadem se následně vyhodí pomocí pomocného zvedacího zařízení do většího kontejneru, který může být odvezen z budovy. Nebo se odpad lisuje v nádobách pro sběr odpadu.



Obrázek 7 – Lis na maloobjemové nádoby na SKO (vlevo) a na kontejnery na SKO (vpravo) [34]

Místo relativně velkých samo lisovacích kontejnerů se dají ve městech použít menší lisovací zařízení. Princip je podobný jako u samo lisovacích kontejnerů, avšak místo do kontejneru je odpad sunut do přistavené nádoby na SKO jako je to vidět na obrázku 8. Ta se následně vyváží pomocí klasických svozových odpadních vozidel. [35]



Obrázek 8 – Malý lis s přistavenou nádobou na SKO [35]

3.6. Části vertikálních překladišť na SKO

V tomto provedení kontejnery stojí na svých čelech, jako je to vidět na následujícím obrázku, kde je znázorněn tento typ překladiště společně s vozidlem, které kontejner odváží. Kontejner má zelenou barvu, lis červenou a žlutou barvu má násypka. Také je vidět nosná ocelová konstrukce pro lisovací zařízení a násypku.



Obrázek 9 - Vertikální překladiště [36]

Kontejnery se často konstruují s kruhovým průřezem pro lepší odolávání silám vznikajícím při lisování odpadu přímo v kontejneru. Lisování probíhá pomocí velkého lisu, který je poháněn elektro hydraulicky a je zavěšen na ocelové konstrukci. Pro případ, kdy je požadavek pro větší množství zpracování odpadů, tak je umístěno více kontejnerů na odpad vedle sebe. Konstrukce s lisem se umístí na rovny, pomocí kterých se může pohybovat po kolejnicích, které jsou upevněny nad kontejnery na ocelové konstrukci. Díky tomu může jeden lis lisovat odpad v jednom kontejneru, zatímco se další kontejnery plní a následně se lis přesune a může lisovat odpad v jiném kontejneru. Dojde tak ke zrychlení celého procesu.

Výhodou u toho překladiště je také to, že uskladňování kontejnerů může probíhat tak jako je to vidět na obrázku 21. Dojde tak k ušetření místa oproti skladování prázdných kontejnerů u horizontálních překladišť. [37]



Obrázek 10 – skladování a nakládání prázdných kontejnerů na vozidlo [37]

4. Hydraulický okruh a prvky hydraulických mechanismů

Hydraulické mechanismy umožňují přestup energie mezi pevnými členy a kapalinou. K přenosu a řízení parametrů energie s v těchto hydraulických mechanismech využívají různé druhy hydraulických prvků, které se podle funkce, kterou v daném mechanismu vykonávají, dělí do skupin. [38]

- Hydrostatické převodníky
- Prvky pro řízení tlaku
- Prvky pro řízení průtoku
- Proporcionální prvky
- Pomocné prvky

4.1. Hydrostatické převodníky

Tyto prvky slouží k přímému převodu mechanické energie na tlakovou energii anebo naopak a jsou vstupními a výstupními prvky hydraulických mechanismů. Převodníky se dále dělí na hydrogenerátory a hydromotory podle způsobu převodu energie.

Hlavním charakteristickým parametrem těchto převodníků je geometrický objem $V_g [cm^3/ot]$. V závislosti na tom, jestli je možné řídit geometrický objem se rozlišují na regulační a neregulační převodníky.

Dalšími parametry jsou poté [38]:

- pracovní tlak: $p [bar]$
- otáčky: $n [ot/min]$,
- rozsah otáček: $n_{MIN} - n_{MAX}$
- účinnost: $\eta [-]$

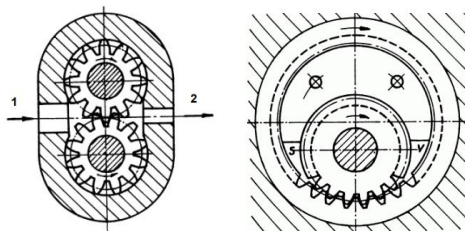
4.1.1. Hydrogenerátory

Mechanická energie ze vstupního hřídele, která je charakterizována kroutícím momentem a otáčkami je v pracovním prostoru převáděna na tlakovou energii sloupce kapaliny, která je charakterizována rozdílem tlaku a výstupním proudem hydrogenerátoru.

4.1.1.1. Zubové

Jedná se o neregulační hydrogenerátory a pro přenos energie se využívá dvojice spolu zabírajících kol nebo vřeten. Mohou mít vnější nebo vnitřní ozubení (Obr. 11). Jedná se o nejčastěji používaná čerpadla díky jejich vysoké účinnosti, jednoduchosti, spolehlivosti a ceně. [39]

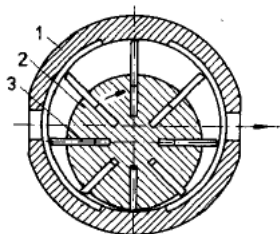
Princip je založen na tom, že při rotaci ozubeného kola a při opouštění záběru zubů kol vniká do mezery mezi zuby kapalina a ve vstupním sacím prostoru se tvoří podtlak a díky tomu dochází k nasávání kapaliny. To se označuje jako samonasávací schopnost. [38]



Obrázek 11 – Zubový generátor s
vnějším ozubením a vnitřním ozubením (zleva) [38]

4.1.1.2. Lamelové

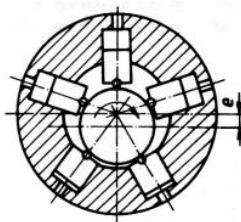
Skládají se ze statoru a rotoru. Kde stator je válcová komora, do které ústí vstupní a výstupní kanál. V komoře je excentricky uložen poháněný rotor opatřený lamelami. Pro přesun kapaliny je využíváno proměnlivých pracovních prostorů mezi lamelami rotoru a statoru. Díky těmto prostorům je kapalina unášena od sacího vstupního kanálu k výtlačnému výstupnímu kanálu. Díky změně excentricity rotoru je možné regulovat V_g a tyto hydrogenerátory tak mohou být regulační i neregulační (Obr. 12). [38]



Obrázek 12 – HG s lamelami, 1 – statorový koružek, 2 - rotor, 3 - lamela [40]

4.1.1.3. Pístové

Dochází v nich k přenosu rotačního pohybu hnací hřídele na posuvný pohyb pístu ve válci. Válec může být jeden nebo jich může být více s uspořádáním do bloku. V závislosti na uspořádání válců k ose pohonu se rozlišují na axiální, radiální a řadové. Regulace je zajištěna např. nakloněním desky nebo bloku s válci. V komoře válce se nachází sací a výtlačné ventily, které se otvírají a zavírají podle tlaku kapaliny (Obr. 13). [38]



Obrázek 13 – Pístový HG [38]

4.1.2. Hydromotory

Dochází v nich k přeměně tlakové energie kapaliny, která je přiváděná do hydromotoru na energii mechanickou.

Vstupními veličinami hydromotoru jsou tedy tlak a proud, výstupními veličinami u rotačních hydromotorů jsou kroutící moment a otáčky. U přímočarých hydromotorů je to síla a rychlost.

Oproti např. elektromotorům o stejném výkonům, mají hydromotory menší hmotnost a malý moment setrvačnosti. [38]

4.1.2.1. Rotační

Konstrukčně jsou obdobné jako rotační hydrogenerátory, avšak mají opačnou funkci. Rozlišujeme zubové, lamelové, axiální pístové a radiální pístové hydromotory.

4.1.2.2. Přímočaré

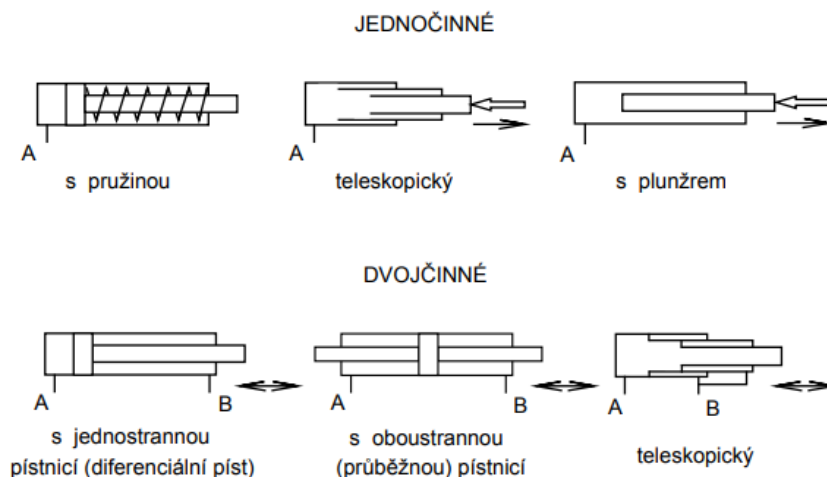
Nazývané také jako hydraulické válce. Tlak kapaliny je převáděn na přímočarý pohyb. Podle konstrukce se rozlišují na jednočinné a dvojčinné. Jednotlivé druhy jsou schématicky zobrazeny na obrázku 14.

Jednočinné: jeden směr pohybu je zajištěn hydraulicky a pohyb zpět je zajištěn jiným způsobem než tlakem kapaliny a to např. pružinou nebo zatížením válce.

Dvojčinné: oba směry pohybu jsou zajištěny hydraulicky. Tento typ válců může mít buď válec s jednostrannou pístnicí anebo válec s oboustrannou pístnicí.

U obou provedení se lze setkat také s teleskopickými válci, které se skládají z více segmentů a je možné s nimi dosáhnout většího zdvihu s menším rozměrem při zataženém válci. Toho se využívá například u vyklápění korb nákladních vozidel.

Způsoby upevnění hydraulických válců mohou být pomocí čepů na víku a na patce válce, přírub nebo výkyvných čepů uprostřed délky válce. [38]



Obrázek 14 – Typy přímočarých hydraulických motorů [38]

4.2. Další prvky hydraulických okruhů

Pro regulování tlaku, průtoku a směru průtoku (hrazení) se v hydraulických okruzích využívají různé druhy ventilů (Obr. 15). Regulace může být spojitá anebo nespojitá.

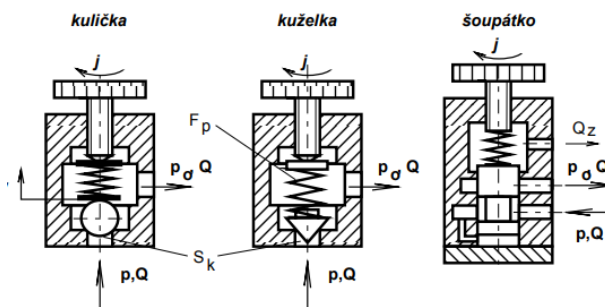
4.2.1. Tlakové ventily

Tyto ventily slouží k řízení tlaku a dále se rozdělují na tlakové, redukční, připojovací a odpojovací ventily a proporční tlakové ventily.

Tlakové

V závislosti na konstrukčním provedení jsou buď jednostupňové anebo dvoustupňové a podle funkce v okruhu jsou buď pojistné anebo přepouštěcí.

Pojistný ventil slouží k vymezení maximálního tlaku v okruhu a **přepouštěcí ventil** slouží k udržování stejného tlaku v okruhu téměř bez závislosti na velikosti průtoku. Pojistný i přepouštěcí ventil může být zapojen jako jednostupňový i dvoustupňový. [38]



Obrázek 15 – Druhy jednostupňových ventilů [38]

Redukční

V hydraulických okruzích se zapojují ke zdroji tlaku a využívají například pro redukci vysokého pracovního tlaku na nižší tlak potřebný v pomocných nízkotlakových obvodech.

Připojovací a odpojovací ventily

Připojovací ventily slouží k přivedení tlaku o požadované velikosti ke spotřebiči a odpojovací ventily slouží odpojení spotřebiče při dosažení požadovaného tlaku a následném připojení při poklesu tlaku za účelem dosažení požadovaného tlaku.

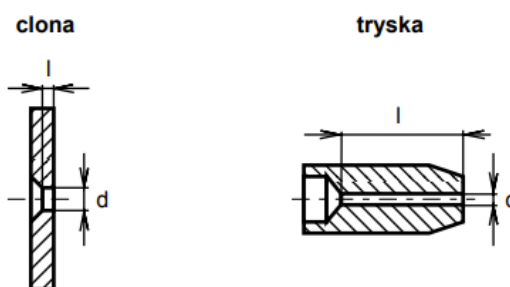
Proporcionální tlakové ventily slouží ke spojitému řízení tlaku.

4.2.2. Ventily pro řízení průtoku

Tyto ventily slouží k řízení průtoku v hydraulických okruzích.

4.2.2.1. Clony, trysky

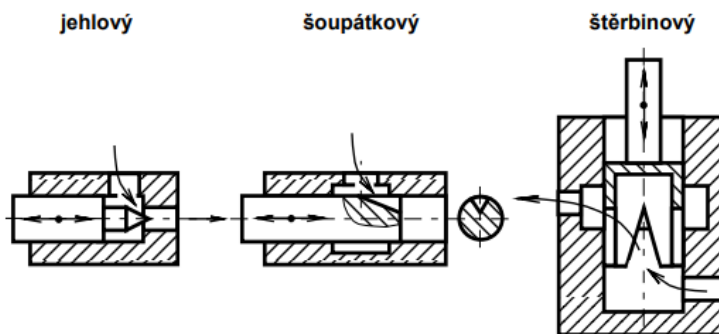
Vytváří odpor proti pohybu a můžeme nimi řídit velikost tlakového spádu (Obr. 16). U clon je škrcení necitlivé na změny viskozity s měnící se teplotou a u trysek škrcení na změně viskozity závislé je. Rozdíl mezi nimi je v délce škrtícího otvoru l o průměru d , kde tryska má tento otvor delší.



Obrázek 16 – Clona a tryska [38]

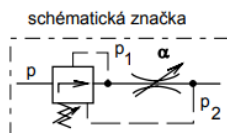
4.2.2.2. Škrťící ventily

Mají regulovatelnou průtočnou plochu a s tím i rozdílný odpor proti pohybu a průtok. Základní typy se rozlišují podle prvku, který mění průtočný průřez (Obr. 17).



Obrázek 17 – Škrťící ventily [38]

V případě, kdy je třeba dosáhnout konstantního průtoku a rychlosti při proměnlivé zátěži, tak je možné využít *škrťící ventily se stabilizací*. Stabilizace je dosaženo v sérii zapojeným redukčním ventilem spolu se škrťícím ventilem v případě dvoucestného škrťícího ventilu anebo se paralelně ke škrťícímu ventilu zapojí přepouštěcí ventil a dosáhne se tak třicestného škrťícího ventilu. [38]



Obrázek 18 – Schématická značka dvoucestného škrťícího ventilu [38]

4.2.3. Ventily pro řízení směru průtoku

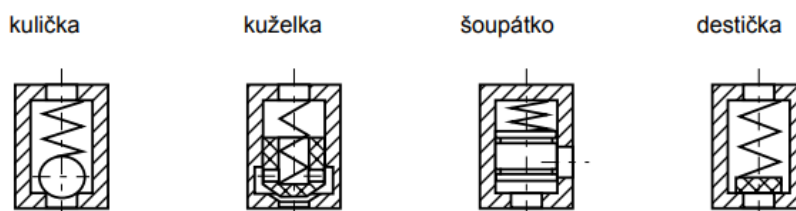
Ventily pro řízení směru průtoku, také nazývané jako prvky pro hrazení průtoku, se využívají k hrazení anebo řízení průtoku.

4.2.3.1. Uzavírací ventily a kohouty

Tyto prvky slouží k otevírání a uzavírání průtoku s jednoduchou konstrukcí uzavíracího prvku. Jedná se o válcový, kuželový anebo kulový uzavírací prvek. [38]

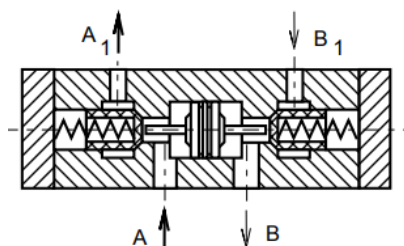
4.2.3.2. Jednosměrné ventily a hydraulické zámky

Jednosměrné ventily umožňují průtok kapaliny pouze jedním směrem a jsou konstruovány tak, aby ve směru průtoku měly minimální tlakovou ztrátu a v opačném směru byly dokonale nepropustné. V závislosti na konstrukčním řešení dosedacího prvku těchto ventilů se dále rozlišují na typy dle obrázku 19. [38]



Obrázek 19 – Typy jednosměrných ventilů – [38]

Hydraulické zámky (Obr. 20) se skládají ze dvou řízených jednosměrných ventilů a jejich uplatnění v hydraulických obvodech je například pro zajištění hydraulického válce v dané poloze.



Obrázek 20 – Hydraulický zámek [38]

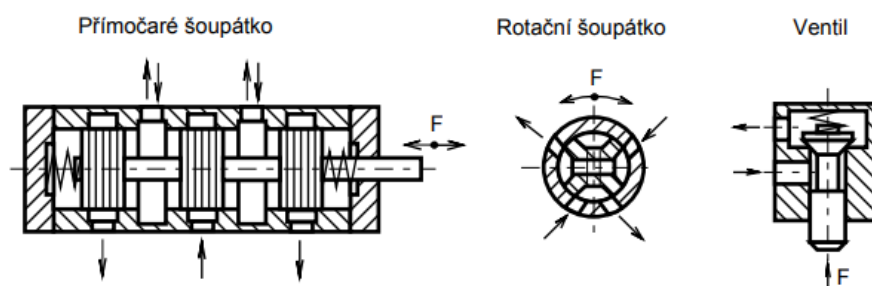
4.2.3.3. Bezpečnostní ventil

Bezpečnostní ventil nebo také pádový ventil, či hydraulická pojistka se umísťuje do hydraulického okruhu za hydraulický válec, kde nesmí dojít k posunu nebo pádu břemene při poruše části hydraulického okruhu. V případě překročení dovoleného tlakového spádu vlivem rychlého průtoku kapaliny se automaticky uzavře. [38]

4.2.4. Rozvaděče

Slouží ke změně směru nebo k zastavení kapaliny v hydraulickém okruhu. Jsou velmi využívány u mobilní techniky pro svou jednoduchost. V závislosti na tom, jaký konstrukční prvek se využívá k rozvodu kapaliny se rozlišují rozvaděče (Obr. 21): [38]

- s přímočarým šoupátkem,
- s rotačním šoupátkem
- ventilové a sedlové rozvaděče



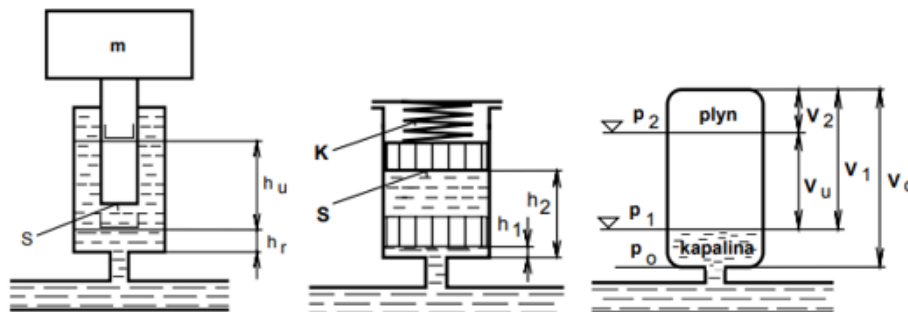
Obrázek 21 – Druhy rozváděčů [38]

4.3. Nádrže, hydraulické akumulátory a filtry

Tyto prvky se zabývají shromažďováním a úpravou kapaliny v hydraulickém okruhu. V případě, že je kapalina vystavena pouze atmosférickému tlaku, tak se jedná o nádrž a v případě, že na kapalinu působí vyšší než atmosférický tlak, tak se jedná o hydraulický akumulátor.

4.3.1. Hydraulické akumulátory

Využívají např. pro krátkodobé dodání potřebného vyššího tlaku do obvodů, krytí ztrát v převodnicích a tlumení tlakových špiček. Rozlišují se na *závažové*, *pružinové* a *plynové* v závislosti na konstrukčním provedení. Jednotlivá provedení jsou schématicky zobrazena na obrázku 22.



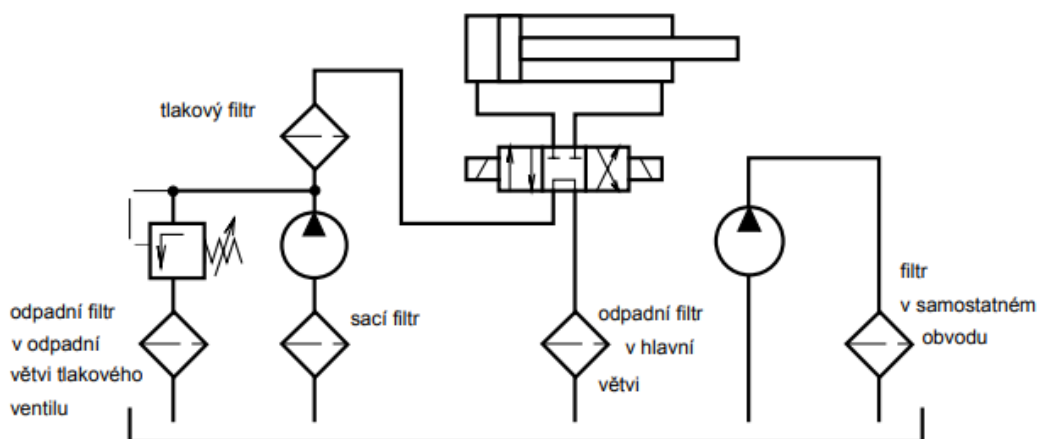
Obrázek 22 - Hydraulické akumulátory – zleva – závažový, pružinový a plynový [38]

4.3.2. Chladiče a ohřivače

Chladiče a ohřivače slouží k udržování vhodné teploty pracovní kapaliny.

4.3.3. Filtry

Filtry zajišťují požadovanou čistotu pracovní kapaliny, a tím i životnost a účinnost celého hydraulického okruhu. Podle použití v obvodu se filtry dělí na sací, tlakové a odpadní. Jejich umístění je znázorněno v následujícím obrázku. [38]



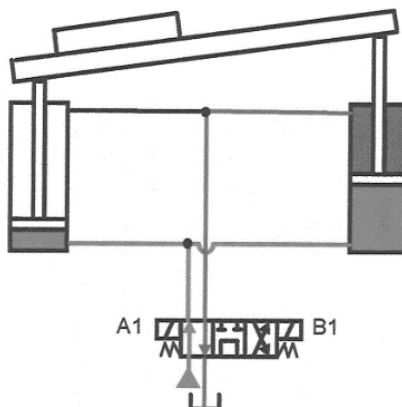
Obrázek 23 - Použití filtrů v obvodu [38]

4.4. Synchronizace pohybu dvou a více lineárních hydromotorů

V aplikacích, kde se používají dva a více lineárních hydromotorů a není v nich možné zajistit rovnoměrné zatížení na konstrukci (Obr. 24), tak dochází k nerovnoměrnému posuvu jednotlivých válců. K tomu dochází, jelikož ve větvi hydromotoru s větším zatížením je větší odpor a kapalina proudí cestou menšího odporu, tedy větvi méně zatíženého hydromotoru.

Tomuto jevu je vhodné se vyvarovat, aby nedošlo k zablokování, poškození nebo zabránění plnění funkce daného mechanismu.

Synchronizace posuvů jednotlivých válců lze dosáhnout mechanicky, hydraulicky, anebo pomocí servotechniky.



Obrázek 24 - Nerovnoměrné zatížení dvou hydraulických válců – [41]

4.4.1. Mechanický způsob synchronizace

V tomto způsobu k synchronizaci dochází pomocí tuhé vazby synchronizačního mechanismu, který propojuje jednotlivé strany zařízení pohybující se rozdílným posuvem a přesnost synchronizace je závislá na tuhosti daného mechanismu.

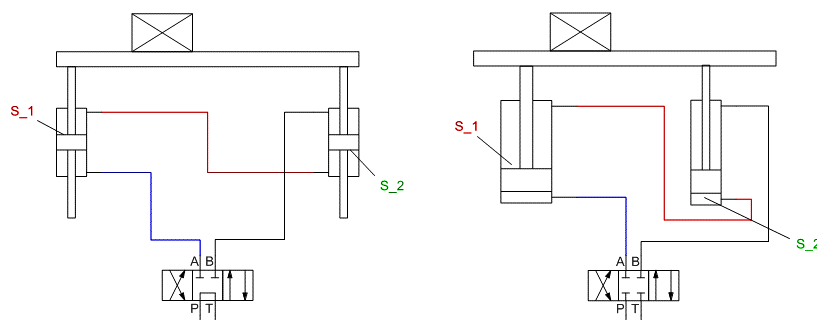
Tohoto druhu lze dosáhnout například pomocí ocelových lan, řetězů a ozubených kol s hřebeny.

4.4.2. Hydraulické způsoby synchronizace

V tomto případě se využívají rozdílné prvky a vlastnosti hydraulických okruhů.

4.4.2.1. Sériové zapojení hydromotorů

U tohoto způsobu se využívá vlastnosti pracovní kapaliny a vychází se ze vzorce $p = \frac{F}{S}$, kde plocha na výstupu z prvního válce je rovna ploše pístu na vstupu druhého válce. Pro následující obrázek se tedy pro oba způsoby $S_1 = S_2$ a díky tomu je zajištěn stejný zdvih u obou válců. Stejných ploch je lze dosáhnout použitím hydromotorů s oboustrannou pístnicí (vlevo) anebo jedním větším a druhým menším hydromotorem (vpravo).



Obrázek 25 - Schématické zobrazení sériového zapojení dvou hydromotorů

4.4.2.2. Synchronizace pomocí děliče průtoků

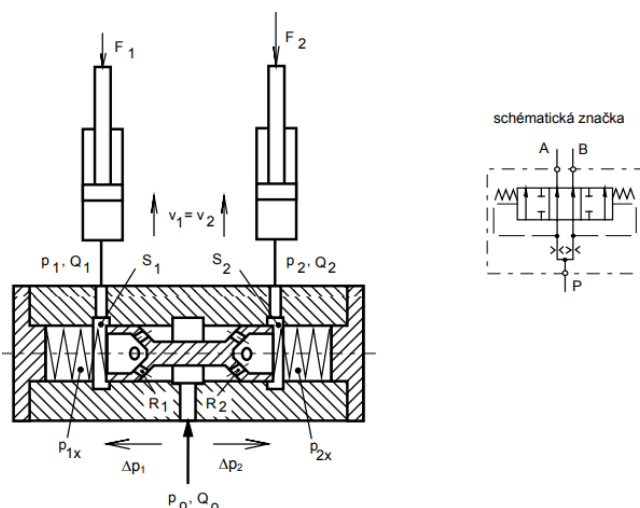
Škrťací ventily se stabilizací průtoku

Díky regulátorům průtoku je průtok škrťacím ventilem nezávislý na tlakovém spádu na ventilu. Dochází v nich ke škrcení, čím dochází k přeměně tlakové energie na teplo.

Šoupátkový dělič průtoků

Řez děličem průtoků je zobrazen na následujícím obrázku. V případě, že se zvýší zatížení F_1 , vzroste tlak p_1 a kapalina začne protékat cestou s menším odporem, tedy druhou větví. Zvýšením rychlosti proudu kapaliny ve větvi 2 se zvýší tlakový spád Δp_2 a na druhé straně děliče tlakový spád Δp_1 poklesne o tu stejnou hodnotu a díky rozdílu tlaků se šoupátko posune doprava, dokud se nevyrovná tlaková a silová rovnováha na šoupátko. Šoupátko změní průřez S_1 a S_2 a díky tomu se kompenzuje rozdíl zátěží pro jednotlivé větve.

Pro synchronizaci dvou hydraulických válců je znázorněn řez děličem průtoků na následujícím obrázku.



Obrázek 26 – Synchronizace pomocí děliče průtoků – řez děličem průtok [38]

4.4.3. Synchronizace pomocí rotačních a lineárních děličů průtoků

Rotační děliče průtoků zajišťují rozdělení průtoku na více stejných průtoků v závislosti na požadovaném množství a využívá se u nich zubové nebo pístové hydromotory se shodnými geometrickými objemy. Jednotlivé hydromotory jsou spolu spojeny hřídelí, čímž je dosaženo synchronizace.

Lineárních děličů průtoků jsou lineární hydromotory umístěné za sebou na jedné pístnici. Jedná se o velmi přesnou synchronizaci, ale nevýhodou je vyšší pořizovací cena. [38]

4.4.4. Synchronizace pomocí servotechniky

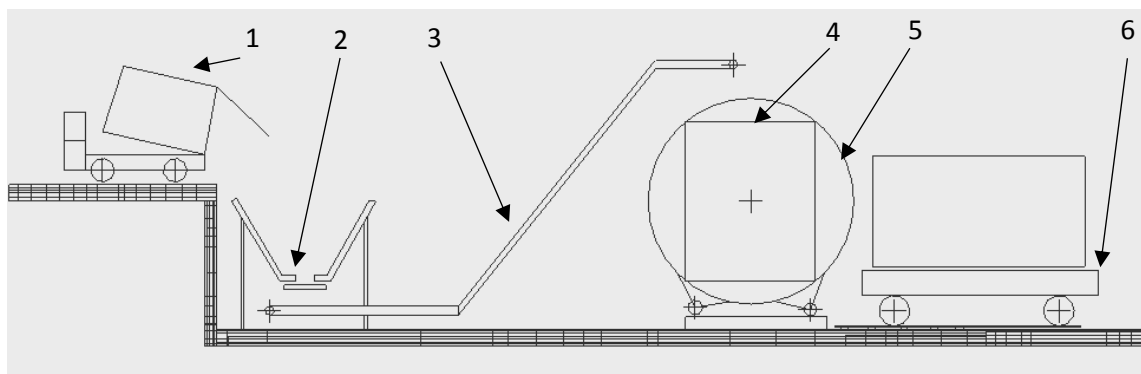
Jedná se o nejpresnější způsob synchronizace, kde servoventily řídí nezávisle pozici jednotlivých hydromotorů v závislosti na elektronické odezvě a porovnávají ji s ostatními hydromotory. [41]

5. Konstrukční návrh plnicího stanoviště

5.1. Zadání

V této diplomové práci byl řešen návrh plnicího a lisovacího stanoviště pro překladiště odpadu s vertikálním plněním kontejneru. Toto překladiště mělo být schopno využít pro odvoz odpadů jak tramvajové, tak vlakové dopravy s co nejvyšší mírou automatizace.

Návrh překladiště odpadu s jednotlivými již navrženými stanovišti je schématicky zobrazen na následujícím obrázku.



Obrázek 27 – Schématické zobrazení uspořádání překladiště: 1. svozové vozidlo, 2. násypka, 3. dopravník, 4. otočná konstrukce na kontejner, 5. kontejner, 6. vozík

5.2. Stanoviště navrženého vertikálního překladiště odpadu

V této kapitole jsou pro orientaci v dané problematice a vymezení pojmů s ní spojených krátce shrnuta jednotlivá stanoviště použitá ve vertikálním překladišti odpadů, pro které bylo toto stanoviště navrhováno.

5.2.1. Princip navrženého stanoviště

Celý proces překládání SKO začne příjezdem svozových vozidel **1** s odpadem na vykládací rampu. Tato vozidla sypou odpad do násypky **2**, která odpad usměřňuje na dopravník **3**. Tento dopravník následně pokračuje několik metrů horizontálně a poté stoupá do výšky, aby bylo možné odpad nasypat seshora do kontejneru **4** umístěného v ocelové konstrukci **5**. Tato konstrukce umožňuje otáčet kontejner z vertikální do horizontální polohy. Po naplnění kontejneru odpadem je kontejner přesunut v horizontální poloze na vozík **6**. Poté je odvezen pryč na vlakovou nebo tramvajovou soupravu. Následně je vozíkem přivezen prázdný kontejner a proces plnění začne znovu.

5.2.2. Stanoviště pro plnění a lisování odpadu

V této diplomové práci byl řešen konstrukční návrh stanoviště mezi stanovištěm **3** a **4**. Jednalo se o navržení násypky umístěné za dopravníkem odpadu z násypky pro svozová vozidla, která je schopná usměrnit pád odpadu do kontejneru potom, co odpad opustí dopravník. Dále bylo třeba navrhnout vhodný způsob slisování odpadu, aby došlo ke stlačení odpadu v kontejneru pro zefektivnění převozu odpadu a umožnění zavření vysouvacích dveří kontejneru.

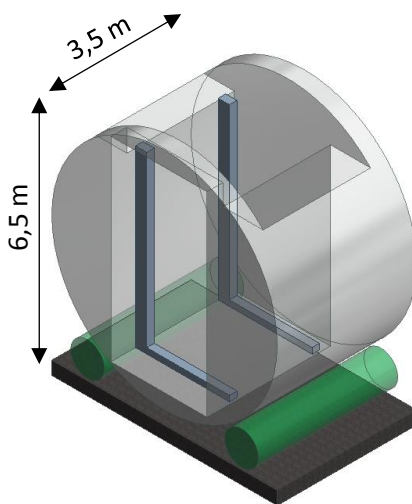
5.3. Rozpracování zadání a návrh konstrukčních řešení

Pro návrh konstrukčního řešení stanoviště byly zadány základní údaje vycházející z již navržených stanovišť vertikálního překladiště odpadu zmíněných v předchozí kapitole.

5.3.1. Vstupní rozměrové parametry

Předpokladem pro toto stanoviště bylo to, že bude umístěno v hale bez využití jejích konstrukčních prvků.

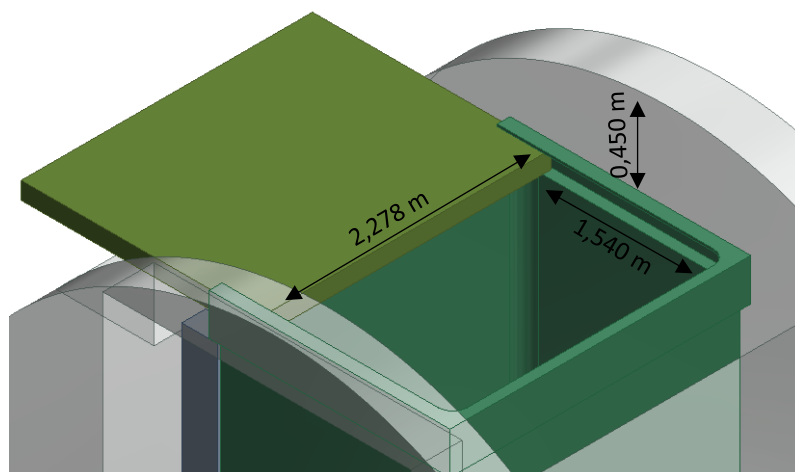
Parametry pro návrh byly rozměry otočné konstrukce kontejneru tzv. kolotoče. Tento kolotoč má výšku $6,5\text{ m}$, šířku $3,5\text{ m}$ a je umístěn na zařízení sloužícímu k jeho otáčení (Obr. 28).



Obrázek 28 - Otočná konstrukce kontejneru

Dalším vstupním parametrem byla velikost otvoru vzniklá otevřením výsuvných dveří kontejneru umístěného v kolotoči (Obr. 29). Otvor má rozměry $2,278\text{ m}$ na $1,540\text{ m}$ se zaoblenými rohy. Velikost lisovacího tělesa tedy nesměla přesáhnout tyto rozměry. Samotný kontejner má objem 25 m^3 s šířkou $2,5\text{ m}$, výškou $2,0\text{ m}$ a délkou $5,0\text{ m}$.

Následně bylo známo, že hrana kontejneru je od vrchní části kolotoče vzdálena $0,450\text{ m}$. Kvůli požadavku na možnost rotace kolotoče a zabránění pádu odpadu do konstrukce kolotoče, byla tato vzdálenost, kterou musela překlenout násypka usměřující pád odpadu.



Obrázek 29 - Rozměry otočné konstrukce s kontejnerem

5.3.2. Vstupní lisovací parametry

Jelikož bylo v plánu pro převoz odpadu z překladiště využívat tramvajové dopravy, kde plánovaný model tramvaje měl omezenou nosnost na nápravu, tak bylo rozhodnuto, že pro dostatečné stlačení odpadu v kontejnerech bude odpad lisován silou 30 000 N.

Dále bylo rozhodnuto, že těleso lisu má být schopno stlačit odpad 0,5 m pod hranu kontejneru, aby bylo zaručeno bezpečné zavření dveří kontejneru.

Následně bylo určeno, že plnění kontejneru odpadem a jeho slisování nemá přesáhnout dobu 210 s.

5.3.3. Shrnutí vstupních zadaných parametrů.

Pro přehlednost jsou jednotlivé vstupní parametry vypsány v tabulce 6.

Tabulka 6 – Vstupní zadané parametry

Název rozměru	Symbol	Velikost
<i>Výška kolotoče</i>	v_k	6,5 m
<i>Šířka kolotoče</i>	\check{s}_k	3,5 m
<i>Vzdálenost hrany kolotoče od hrany kontejneru</i>	h_h	0,45 m
<i>Rozměry dveří kontejneru</i>	$\check{s}_{kd} \times v_{kd}$	2,278 m x 1,540 m
<i>Síla lisování</i>	F_{LIS}	30 kN
<i>Hloubka lisování</i>	h_{LIS}	0,5 m
<i>Maximální trvání cyklu plnění a lisování</i>	t_{cyk}	210 s

5.4. Koncepční návrhy konstrukčního řešení stanoviště

Počáteční návrh lisování a násypky

Nejprve bylo zamýšleno navrhnout oddělené lisovací zařízení, které by fungovalo na podobném principu, jako současně používané lisy ve vertikálních stanicích. Využilo by se tak jednoduchosti a efektivity, které toto provedení nabízí v případě umístění kolejí nad kontejnery, po kterých se může lis pohybovat. V tomto případě se ale navrhovalo lisovací zařízení jen pro jeden kontejner, což vyplývalo z toho, že kolotoč sám o sobě zabírá velký prostor a vozík se k němu může dostat jen z jedné strany po položené kolejích. Díky tomu je obtížné postavit vedle sebe více těchto kolotočů. Také by při návrhu kolejí pro přesun lisovacího zařízení mezi jednotlivými kolotoči byly kladeny větší nároky na zástavbové prostory a na konstrukci nesoucí koleje lisovacího zařízení.

Dále byla omezena maximální hmotnost kontejnerů naplněných odpadem, nosností nápravy tramvaje určené pro převoz kontejnerů. Tím odpadla nutnost použití velkých lisovacích sil pro stlačení odpadu.

Co se násypky týče, tak nejprve bylo zamýšleno navrhnout ji samostatnou a upevněnou na nosné konstrukci nad kontejnerem s možností překlenutí prostoru potřebného pro rotaci kolotoče s kontejnerem.

Počáteční návrh nosné konstrukce

Ze znalostí maximálních rozměrů kolotoče se začala navrhovat nosná konstrukce, která by byla schopna unést jak násypku, tak lisovací zařízení. Zpočátku byl úmysl na ni umístit pouze tato dvě zařízení, ale postupně s vypracováváním této diplomové práce se došlo k závěru, že je potřeba na nosnou konstrukci umístit více prvků.

Nejprve bylo třeba zajistit možnost opravy a kontroly jednotlivých částí. Proto vznikla nad úrovní kolotoče pochozí lávka pro kontroly a případné opravy stanoviště. K tomu bylo třeba navrhnout žebřík po kterém se může osoba pověřená dostat na ochoz a vykonat potřebnou činnost. Dále musel mít ochoz zábradlí, kvůli bezpečnému pohybu těchto osob. Následně bylo třeba umístit části hydraulického obvodu jako hydrogenerátor, elektromotor a nádrž s olejem. S každým dalším prvkem, který se na tuto konstrukci umisťoval, se zvětšovaly nároky na nosné prvky konstrukce a docházelo k postupným úpravám celkové konstrukce. Jednotlivé části jsou více rozebrány v příslušných kapitolách.

5.4.1. Návrh řešení násypky spojené s lisovacím zařízením

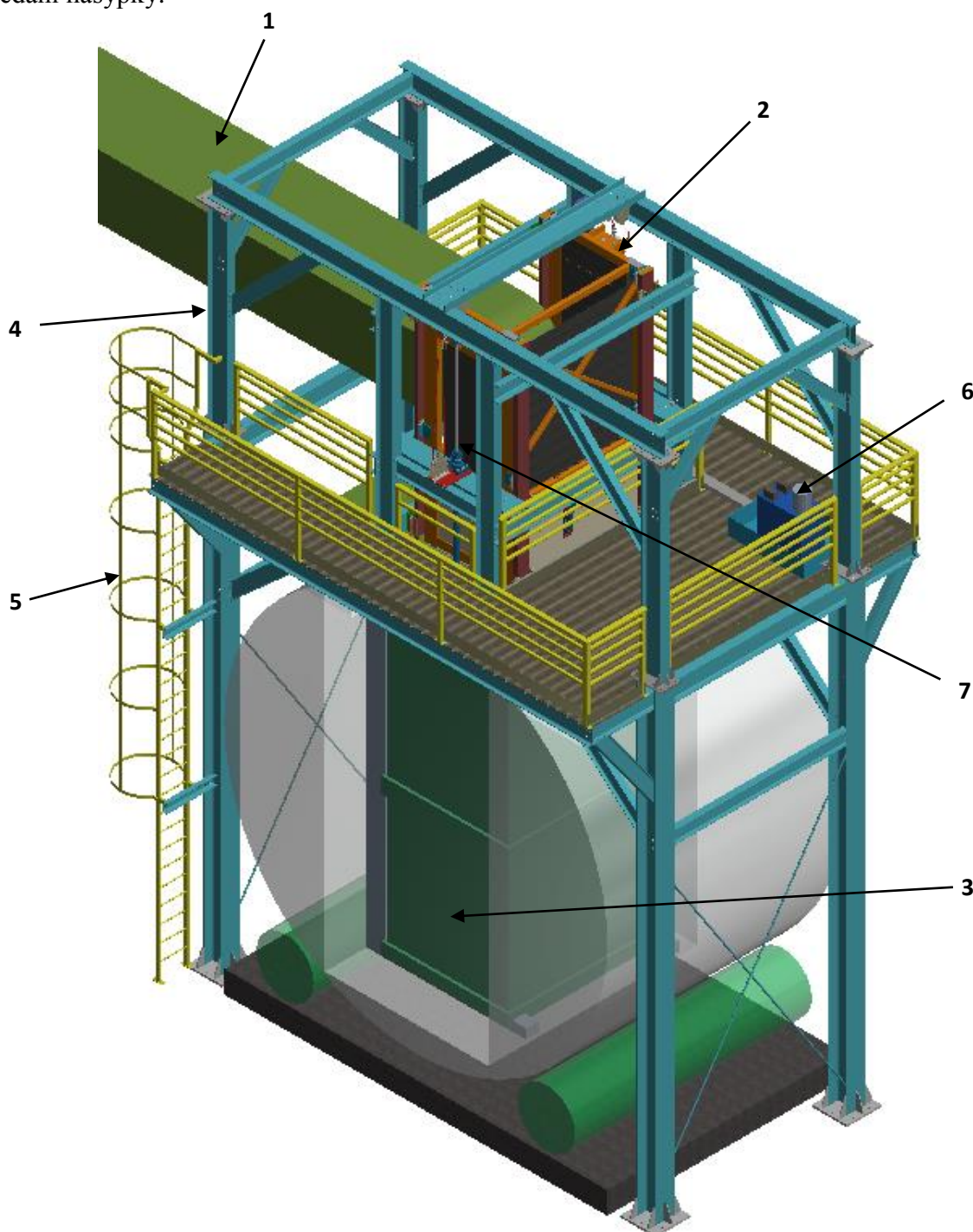
Poté co se vzaly v potaz vstupní parametry vyjmenované v předchozí kapitole a provedlo se několik předběžných návrhů pro stanoviště skládající se ze samostatného lisovacího zařízení a samostatné násypky, se postupně dospělo k tomu, že se tyto dvě zařízení spojí do jednoho a vznikne tak jeden konstrukční celek, který umí, jak usměrňovat pád odpadu, tak odpad lisovat. Dále je v této práci tato konstrukce označována pro přehlednost pouze jako násypka.

Představa byla taková, že díky tomuto spojení dojde ke zjednodušení celého procesu plnění kontejneru odpadem. Dále se autor této práce během vypracovávání rešeršní části nikde s takovýmto řešením nesešel, a proto byl rozhodnuto, že stanoviště se navrhne tímto způsobem.

5.5. Koncepční návrh stanoviště pro plnění kontejneru směsným odpadem

Navržené stanoviště pro plnění kontejneru směsným odpadem je tvořeno následujícími prvky (Obr. 30). Odpad přichází po zeleném dopravníku **1**, následně padá skrz oranžovou násypku **2** do zeleného kontejneru **3** umístěného v konstrukci pro jeho otáčení.

Stanoviště se dále skládá z modré ocelové nosné konstrukce **4**. Na této nosné konstrukci je umístěna pochozí lávka se žebříkem **5** a prostor pro umístění elektrohydraulického agregátu **6** nutného pro ovládání hydraulických válců **7** starajících se o zvedání násypky.



Obrázek 30 – Koncepční návrh stanoviště násypky spojené s lisovacím zařízením

5.5.1. Fáze plnění a lisování odpadu

Princip konstrukčního návrhu spojení násypky s lisovacím zařízením je jednoduchý. Konstrukce zvládá funkci násypky díky dostatečně velkému ohraničenému prostoru pro pád odpadu a zároveň díky sklopitelným dveřím ve spodní části násypky je možno touto násypkou odpad také lisovat.

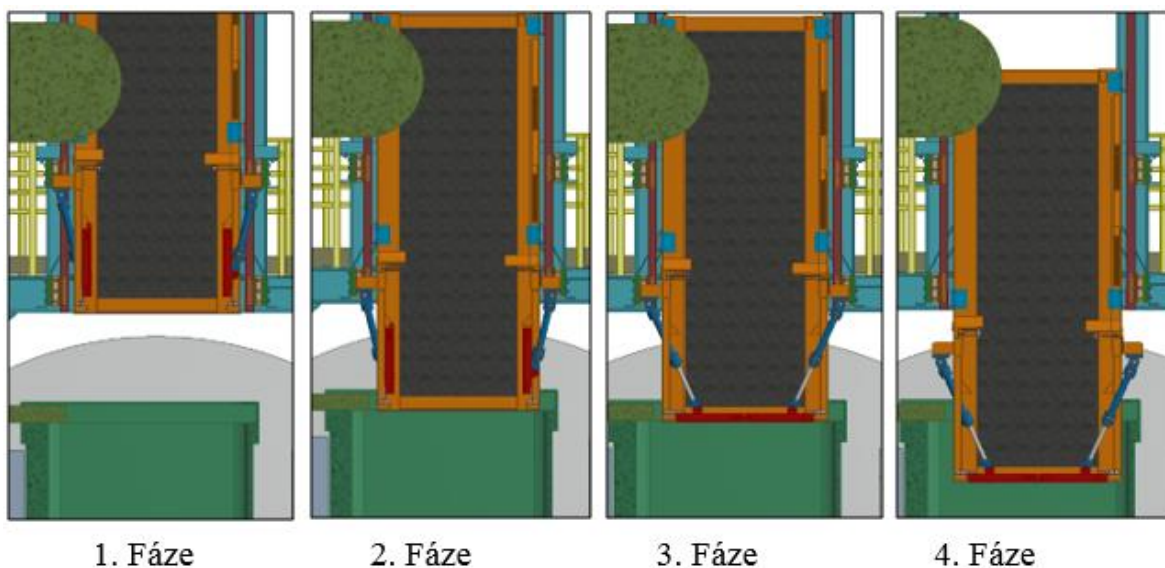
Násypka se může pohybovat nahoru a dolů, čímž umožňuje otáčení kolotoče s kontejnerem a následné lisování odpadu. Pohyb násypkou nahoru, dolů a zvedání dveří zajišťují lineární hydromotory.

Proces plnění a lisování na navrženém stanovišti lze rozdělit do několika po sobě jdoucích fází (Obr. 31).

Návrh fází plnění a lisování odpadu:

- V **1. fázi** je násypka nad úrovní kolotoče, aby mohlo dojít k jeho rotaci s kontejnerem do plnicí pozice. Poté jsou vysunuty dveře kontejneru.
- V **2. fázi** dojde k posunu násypky o 920 mm na hranu kontejneru a následně je kontejner plněn odpadem.
- V **3. fázi** jsou sklopeny a zajištěny dveře násypky.
- V **4. fázi** se násypka posune o 500 mm do těla kontejneru, čímž dojde ke stlačení odpadu.
- V **5. fázi** se násypka se zavřenými dveřmi zvedne do pozice v 1. fázi a otevřou se dveře násypky, takže je stanoviště připraveno na další cyklus plnění a lisování.

Díky slisování odpadu je možné zavřít dveře kontejneru, aniž by byl v mechanismu zavírání dveří přítomen odpad bránící jejich správnému dovržení. Kolotoč se otočí a vozík odveze plný kontejner pryč a přiveze nový.

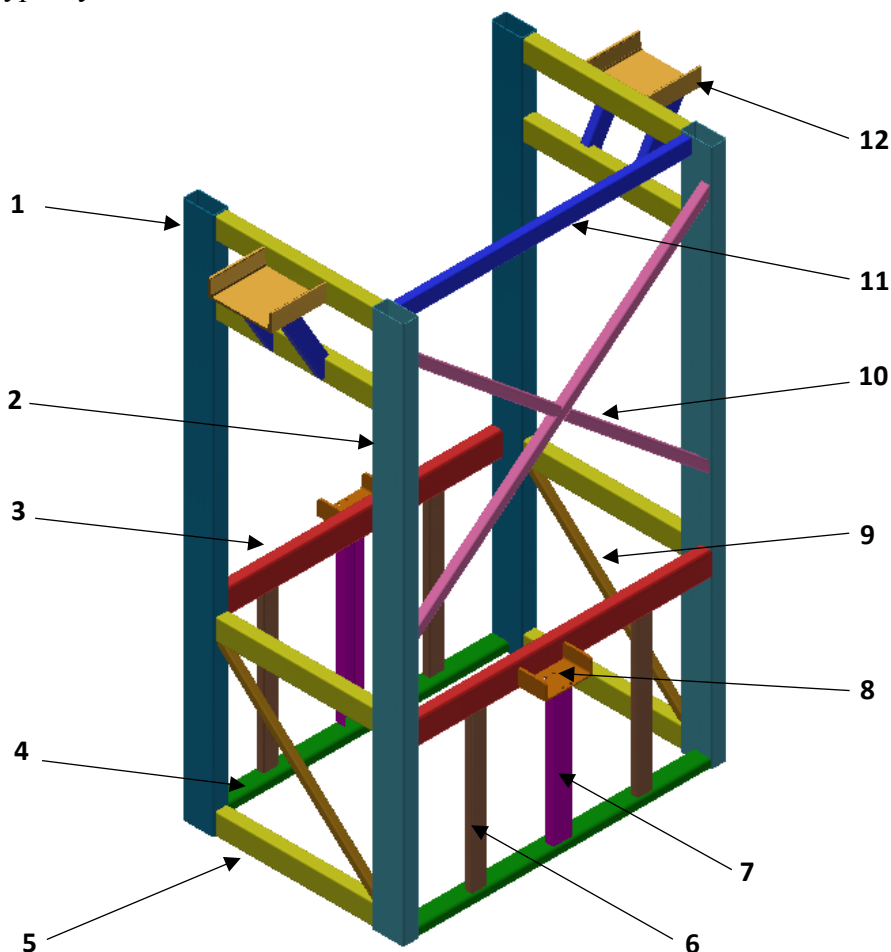


Obrázek 31 – Fáze plnění kontejneru odpadem

5.5.2. Rám násypky

Svařenec násypky je tvořen normalizovanými ocelovými profily. Při jejichž volbě byla snaha o zachování co největšího otvoru pro pád odpadu a dostatečné tuhosti konstrukce pro přenos silových účinků vznikajících při lisování bez překročení maximálních rozměrů otvoru kontejneru. Výsledné profily a jejich umístění byly postupně upravovány v závislosti na výsledcích v programu Dlubal RFEM, kde bylo využíváno metody konečných prvků pro výpočty průhybů a napětí na rámu násypky.

Výška tohoto svařence je $3\,417\text{ mm}$ a vnější rozměry obdélníkové podstavy jsou $2\,050\text{ mm}$ na $1\,400\text{ mm}$. Vnitřní rozměry obdélníkové podstavy sloužící k pádu odpadu jsou $1\,850\text{ mm}$ na $1\,160\text{ mm}$. Jednotlivé profily jsou barevně rozlišeny na obrázku 32 a jsou pro přehlednost vypsány v tabulce 7.



Obrázek 32 – Rám svařence násypky

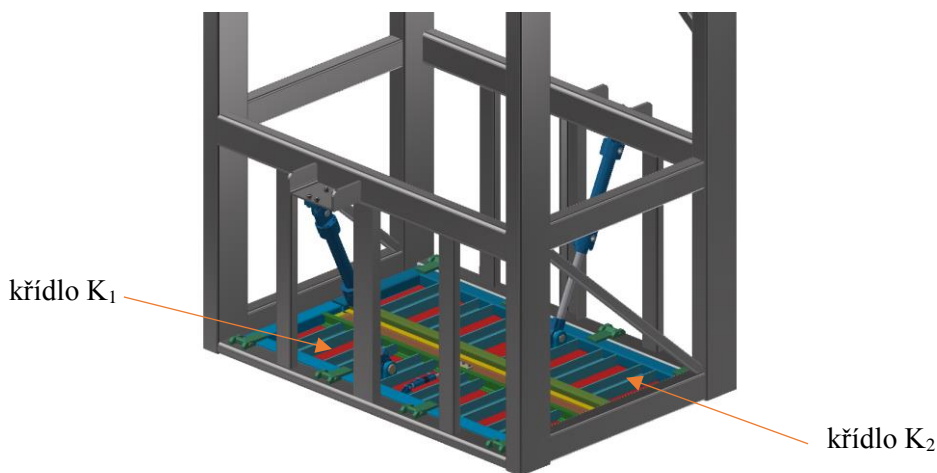
Tabulka 7 – Soupis použitých profilů pro svařenec rámu

Číslo	Profil	Číslo	Profil
1	JEKL 200x100x6	7	UPE 120
2	JEKL 200x100x5	8	UPE 300
3	JEKL 160x80x8	9	JEKL 50x50x5
4	JEKL 120x60x8	10	JEKL 60x60x5
5	JEKL 140x80x6	11	JEKL 100x60x6
6	JEKL 100x50x5	12	UPE 400

5.5.3. Dveře násypky

Pro lisování odpadu byly navrženy dveře s možností sklopení o 90° (Obr. 33). Tyto dveře se skládají ze dvou křídel, jejichž velikost a základní rám je shodný s rozměry $1\,800\text{ mm}$ na 579 mm . Tento rám je tvořen svařencem z normalizovaných ocelových profilů DIN EN 1026-19 $80 \times 60 \times 5$ a UPE 100. Na rám dveří je přivařen ocelový plech tloušťky 8 mm . Následně se jednotlivá křídla liší díky mechanismu sloužícímu k zajištění těchto křídel proti otevření při lisování odpadu v kontejneru.

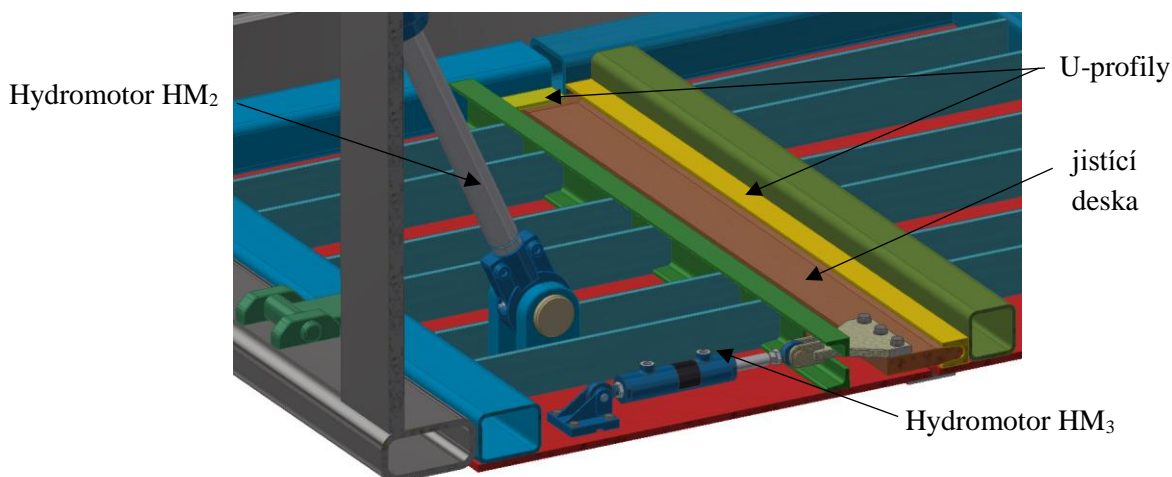
Každé křídlo je upevněno k rámu násypky pomocí 4 pantů. Tyto panty se skládají z čepů o průměru 13 mm majících na jedné straně hlavu a na druhé straně pojistné kroužky pro zajištění čepu, které byly zvoleny z důvodu malých sil ve směru osy čepu.



Obrázek 33 – Křídla dveří násypky

5.5.3.1. Zajišťovací mechanismus dveří násypky

Na křídle K_1 je umístěn dvojčinný lineární hydromotor HM_3 se zdvihem $h_{HM3} = 45\text{ mm}$, který slouží k posunu desky, která je po stranách vedena dvěma profily *DIN 1026-1 U30*. Tato deska se po překlenutí mezery 17 mm mezi oběma křídly dveří zasune do profilu *U30* umístěného na křídle K_2 . Strany desky sloužící k zajištění dveří jsou vhodně obrobena, aby zapadaly do U profilů (Obr. 34).



Obrázek 34 - Zajišťovací mechanismus dveří násypky pro lisování odpadu – řez

Spojení hydromotoru a jisticí desky je zajištěno pomocí svařence, který se k hydromotoru upevní pomocí čepu a k jisticí desce se přišroubuje pomocí 3 šroubů M12.

Samotný hydromotor HM₃ s označením *CDL2MP5* je od výrobce Bosch Rexroth o průměru válce $d_{1HM3}=25\text{ mm}$ a pístnice $d_{2HM3}=14\text{ mm}$ s maximální zasouvací silou 2 454 N a vysouvací silou 1 684 N při pracovním tlaku 5 bar. Jeho uchycení na křídle K₁ je zajištěno pomocí držáku přišroubovaného k plechu křídla dveří od výrobce Bosch Rexroth s označením *CLCA10* [42].

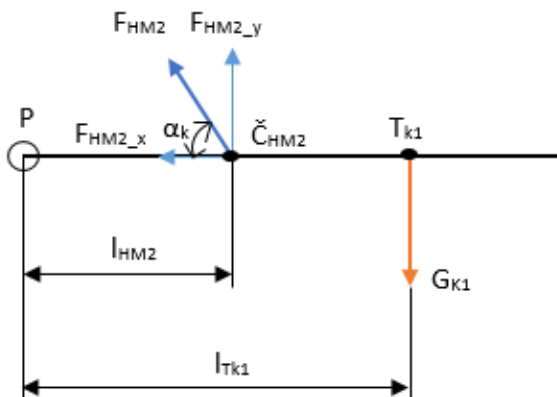
5.5.3.2. Návrh hydromotorů pro pohyb s dveřmi násypky

Pro pohyb s dveřmi násypky byly zvoleny dva shodné dvojčinné lineární hydromotory HM₂ se zdvihem $h_{HM2}=300\text{ mm}$, který vyplynul z geometrických rozměrů jednotlivých součástí násypky, zvoleného hydraulického válce a požadované síly pro manipulaci s křídlem dveří.

Pro uchycení HM₂ na křídlech dveří byly navrženy držáky skládající se dvou ocelových plechů o tloušťce 20 mm s otvorem pro uložení čepu. Tyto plechy jsou přivařeny na rám křídla dveří k profilu UPE100. Hydromotor HM₂ a jeho uchycení na křídle K₁ je vidět na předchozím obrázku (Obr. 34).

Dimenzování hydromotoru HM₂

Pro výpočet síly F_{p1} , kterou musel být jeden hydromotor schopen vyvolat, aby otevřel dveře násypky, se vycházelo z následujícího schématu (Obr. 32), kde je zobrazeno silové působení na jedno křídlo dveří násypky při jejich zvedání.



Obrázek 35 - Působení sil na křídlo dveří K₁ při jejich zvedání

Momentová rovnice pro výpočet síly F_{HM2} je vztahována k ose čepu pantů dveří označených ve schématu P. Dále je uvažován úhel $\alpha_k = 65,5^\circ$, který svírá osa válce při zavření dveří s vertikální rovinou. Rozměr $l_{HM2} = 242\text{ mm}$ je vzdálenost osy čepu pantu dveří a osy čepu držáku hydraulického válce ČHM2 umístěného na křídle dveří. Rozměr $l_{Tk1} = 456,5\text{ mm}$ je vzdálenost osy čepu pantu P a těžiště křídla K₁ násypky Tk₁.

Hmotnost křídla K₁ dveří násypky s hydromotorem HM₃ zajišťujícím zajištění dveří při lisování pomocí dveří je rovna $m_{K1} = 157,8\text{ kg} \approx 160\text{ kg}$ a je větší než hmotnost křídla K₂, která činí $m_{K2} = 144,4\text{ kg} \approx 145\text{ kg}$. Proto byl HM₂ dimenzován pro zvedání těžšího křídla dveří násypky a síla G_{K1} vznikající od tíhového zrychlení působícího na křídlo K₁ se tedy vypočítala pomocí následující rovnice.

$$G_{K1} = m_{K1} \cdot g = 160 \cdot 9,81 = 1\,569,6\,N \quad (1)$$

Následně byla vypočítána momentová rovnice a určena potřebná síla F_{HM2} pro zvednutí křídla K_1 .

$$M_{p1}: F_{HM2_y} \cdot l_{HM2} - G_{K1} \cdot l_{Tk1} = 0 \quad (2)$$

$$M_{p1}: F_{HM2} \cdot \cos(\alpha) \cdot l_{HM2} - G_{K1} \cdot l_{Tk1} = 0 \quad (3)$$

$$F_{HM2} = \frac{G_{K1} \cdot l_{Tk1}}{\cos(\alpha) \cdot l_{HM2}} \quad (4)$$

$$F_{HM2} = \frac{1\,569,6 \cdot 456,5}{\cos(65,5^\circ) \cdot 242} = 5\,263,9\,N \quad (5)$$

Byl zvolen dvojčinný lineární hydromotor od firmy Bosch Rexroth s označením *CDH3 MP3* o průměru válce $d_{1HM2} = 50\,mm$, pístnice s průměrem $d_{2HM2} = 32\,mm$ zdvihem $h_{HM2} = 300\,mm$ [42].

$$F_{HM2_y} = p_{prac} \cdot S_{2HM2} \quad (6)$$

$$F_{HM2_y} = 5 \cdot 1\,159,25 = 5\,796,2\,N \quad (7)$$

$$S_{2HM2} = \frac{\pi \cdot d_{1HM2}^2}{4} - \frac{\pi \cdot d_{2HM2}^2}{4} \quad (8)$$

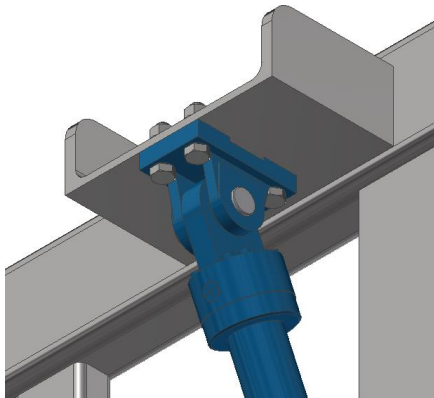
$$\begin{aligned} S_{2HM2} &= \frac{\pi \cdot 50^2}{4} - \frac{\pi \cdot 32^2}{4} = 1\,963,5 - 804,25 \\ &= 1\,159,25\,mm^2 \end{aligned} \quad (9)$$

Hydromotor s těmito rozměry byl zvolen, proto že pro pohyb s dveřmi se mohl využít plný rozsah zdvihu a hydromotor vyhovoval svými geometrickými rozměry pro upevnění na rámu násypky bez kolize s kontejnerem a konstrukcí kolotoče. Dále je tento hydromotor schopen při pracovním tlaku $p_{prac} = 5\,bar$ vykonat sílu $F_{HM2_y} = 5\,796,2\,N$ a díky tomu tedy vyhovuje pro zvedání křídel dveří násypky.

5.5.4. Uchycení držáků hydromotorů HM₂ na rámu násypky

Pro dva hydromotory HM₂ jsou použity dva shodné držáky. Umístění těchto držáků na rámu násypky je ve stejné výšce a to v 995,2 mm od spodní hrany plechu násypky sloužícího k lisování (Obr. 36). Tato vzdálenost byla zvolena z důvodu zamezení kolize násypky s kontejnerem při lisování odpadu. Kvůli hydromotoru HM₃, který je uložen uprostřed křídla K₁, aby nedocházelo k přičení jisticí desky při posunu, byly držáky HM₂ na rámu násypky umístěny mimo střed konstrukce.

Jedná se o držáky od výrobce Bosch Rexroth s označením *CLCD32* s průměrem čepu 32 mm [42]. Zajištění čepu je dosaženo pomocí plechu přišroubovaného k držáku zasunutého do drážky na čepu. Každý z těchto držáků je přišroubován pomocí 4 šroubů M18 na profil UPE 400, který je ke svařenci rámu násypky přivařen koutovým svarem.

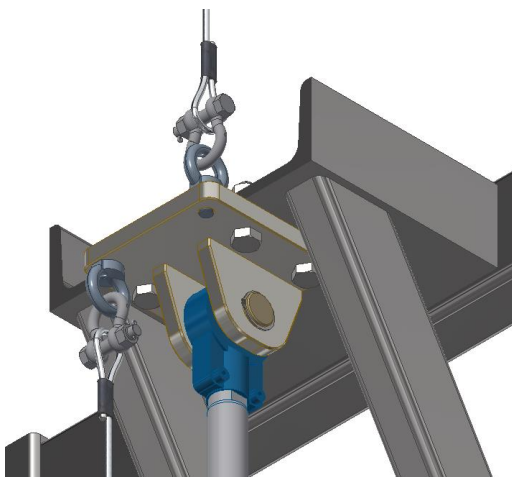


Obrázek 36 – Uchycení držáků hydromotoru HM₂ na rámu násypky

5.5.5. Uchycení držáků hydromotorů HM₁ na rámu násypky

Pro upevnění dvou hydromotorů HM₁ na násypce, sloužících pro lisování a zvedání násypky, jsou použity shodné držáky, které je možné přišroubovat ke svařenci násypky pomocí 4 šroubů M20 (Obr. 37).

Držák byl navržen tak, aby sloužil k uchycení HM₁ a zároveň pro přišroubování ok, která slouží k upevnění ocelových lan, které jsou součástí mechanismu pro synchronizaci posuvů dvou hydromotorů HM₁.



Obrázek 37 - Uchycení držáku hydromotoru HM₁ na rámu násypky

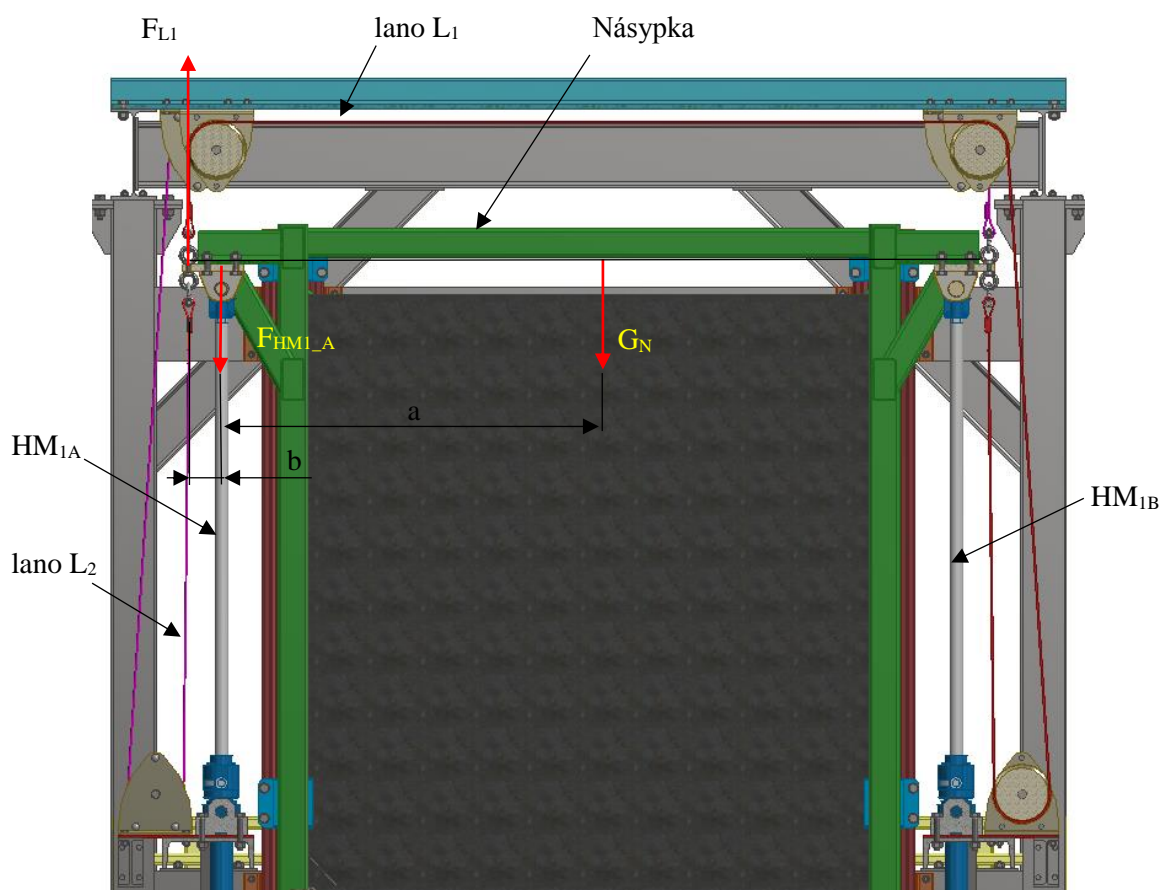
5.5.6. Mechanická synchronizace posuvů hydromotorů HM1

Mechanická synchronizace je použita z důvodu, aby nedocházelo k nadměrnému zatížení a deformacím na rámu násypky při lisování. Synchronizace zajišťuje stejnou velikost posuvů hydromotorů HM₁. Nerovnoměrný posuv může nastat vlivem nesourodosti odpadu a nerovnoměrného zatížení lineárních hydromotorů.

Pro synchronizaci posuvů těchto hydromotorů bylo využito mechanismu skládajícího se ze dvou ocelových lan a šesti kladek (Obr. 38).

Princip synchronizace:

Na jedné straně násypky například s uchyceným hydromotorem HM_{1B} je menší posuv než na straně druhé. Tím dojde k napínání lana L₁ upevněného na násypce. Toto lano vede směrem nahoru a následně je díky dvěma kladkám upevněných na nosné konstrukci vedeno směrem dolů. Dále lano projde kladkou, která ho vede směrem nahoru a poté je připevněno na násypku, čímž táhne násypku směrem dolů. Stejným způsobem, akorát opačně, je uchyceno i druhé lano. Tím je zajištěna synchronizace obou hydromotorů.



Obrázek 38 – Mechanická synchronizace posuvu hydromotorů HM₁ – schéma působení sil

5.5.6.1. Návrh ocelových lan

Výpočet vycházel ze statické rovnováhy sil, kde síla G_N je síla vznikající od tíhového zrychlení působícího na násypku, pro hmotnost násypky $m_N = 1\,645,3\,kg \approx 1\,650\,kg$.

$$G_N = m_N \cdot g = 1\,650 \cdot 9,81 = 16\,186\,N \quad (10)$$

Silová rovnováha:

$$G_N + F_{HM1_A} - F_{L1} = 0 \quad (11)$$

$$F_{L1} = G_N + F_{HM1_A} = 16\,186 + 6\,911,5 = 23\,097,5\,N \quad (12)$$

Pro výpočet potřebné nosnosti lana F_{pl1} se vycházelo z následující rovnice. Byla zvolena bezpečnost $k = 2$.

$$F_{dl1} = \frac{F_{pl1}}{k} \geq F_{L1} \quad (13)$$

$$F_{pl1} \geq F_{L1} \cdot k \quad (14)$$

$$F_{pl1} \geq 23\,097,5 \cdot 2 \rightarrow F_{pl1} \geq 46\,195\,N \quad (15)$$

Bylo zvoleno lano o průměru 8 mm s označením 8x19W-IWRC. Jedná se o lano se středním počtem drátů s ocelovou duší, které je odolné proti otěru s dobrou ohebností a dobrou snášivostí rázového zatížení [59]. Udávaná minimální únosnost pro pevnostní třídu $2\,160\,N \cdot mm^{-2}$ je rovna $F_{pl1} = 49\,200\,N$ a lano tedy vyhovělo.

5.5.6.2. Upevnění ocelových lan k násypce

Pro jejich upevnění k okům držáků na násypce je použito ocelových třmenů s čepem a maticí se závlačkou. Minimální ohybový rádius a ochranu lana před otěrem zajišťují ocelové pozinkované očnice.

5.5.6.3. Návrh kladek

Pro návrh kladek se vycházelo z průměru lana a předpokládaného zatížení. Byla zvolena kladka o průměru 185 mm a při návrhu se vycházelo z vodící a převáděcí kladky výrobce *FAFF* s modelovým označením *DSRBS 185/8* (Obr. 39). [43]



Obrázek 39 – Vodící a převáděcí kladka [43]

5.5.7. Lineární vedení násypky – násypka

Jak již bylo zmíněno, tak pro pohyb násypky nahoru a dolů jsou použity 2 hydromotory HM₁. Tyto hydromotory jsou uloženy na obou stranách v čepech a nejsou tedy schopny zajistit pohyb násypky bez jejího vybočení do stran.

Tato varianta uložení byla zvolena z důvodu, aby hydromotory při lisování a zvedání násypky nepřenášely jiné než osové síly.

Z důvodu zajištění pohybu násypky po stále stejné trase bez kolize s okolní konstrukcí bylo navrženo lineární vedení.

5.5.7.1. Návrh rolen a lineárního vedení

Pro vedení násypky byly zvoleny kombinované rolly výrobce *FSG* skládající se ze dvou styčných ploch – radiální a axiální, kde radiální styčná plocha je tvořena vnějším válcovitým prstencem a axiální styčnou plochu tvoří menší vnitřní váleček. Pro vyrovnání nepřesností při umisťování vedení a při svařování násypky byl zvolen model s excentrickým uložením, který umožňuje posunout axiální styčnou plochu o 1 až 4 mm. Pro správnou funkci těchto rolen udává výrobce, že tato axiální styčná plocha má dosedat lehce na plochu vedení. [44]

Dimenzování rolny

Pro určení maximálního zatížení, které musí rolna vydržet se vycházelo z výsledků v programu Dlubal RFEM, kde byla prováděna pevnostní analýza metodou konečných prvků.

V programu byl simulován případ, kdy docházelo k lisování odpadu násypkou a násypka tlačila na odpad pouze jedním rohem. V tomto případě maximální axiální zatížení v místech uchycení rolen na rámu násypky nepřekračovalo $F_{ax_lis} = 4\,500\,N$ a maximální radiální zatížení nepřekračovalo $F_{rad_lis} = 5\,500\,N$.

Byl tedy zvolen typ rolny, jejíž parametry jsou vypsány pro přehlednost v následující tabulce. Z pohledu dovoleného zatížení rolna vyhovuje.

Tabulka 8 – Parametry kombinované rolny U2EX-1490-HT [44]

Označení výrobcem	-	U2EX-1490-HT
Průměr rolny	d_{rolna}	149,0 mm
Statické radiální zatížení	C_{rolna}	151,0 kN
Statické axiální zatížení	C_{a_rolna}	68,0 kN
Hmotnost rolny	m_{rolna}	6,5 kg

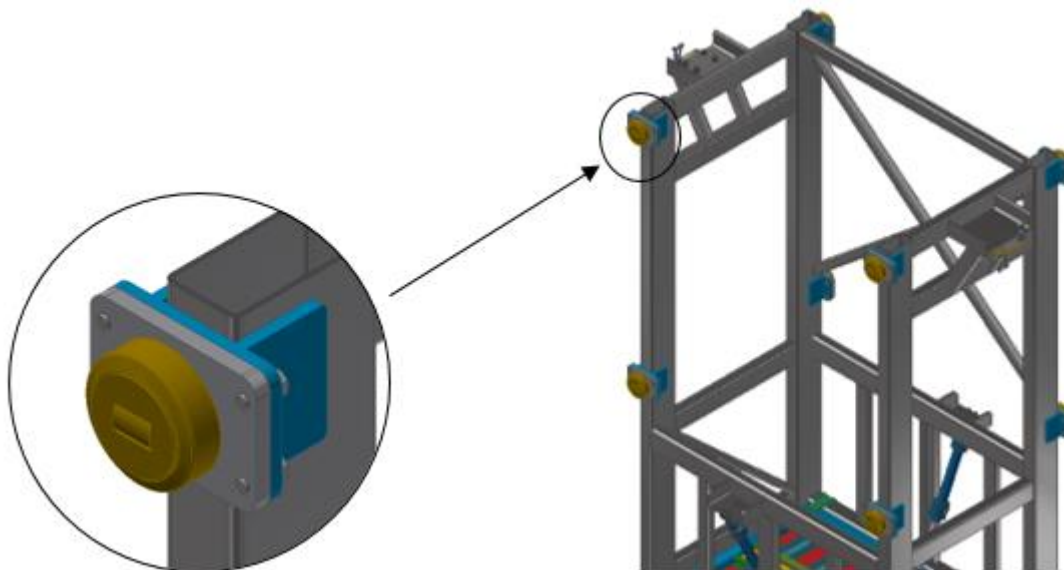
5.5.7.2. Uchycení rolen na násypce

Uchycení rolen na násypce je zajištěno pomocí navržených držáků, které vychází z již používaných a vyráběných prvků. U návrhu desky pro upevnění rolny se vycházelo z výrobku s označením *F-06 Q* dodávaného výrobcem *FSG*, akorát byla pro tuto aplikaci zvětšena vzdálenost mezi dírami pro šrouby [44].

Následně je tato deska s rolnou přišroubována na svařenec, který je přivařen ke konstrukci rámu násypky.

Na násypce je umístěno 8 rolen ve dvou patrech po čtyřech (Obr. 40). První patro rolen je ve vzdálenosti 1 520 mm od spodní strany plechu násypky sloužícímu k lisování, a to z důvodu, aby nedošlo k vyjetí rolly z kolejnice při koncové fázi lisování odpadu násypkou, jelikož vedení nesmělo zasahovat do rotace kolotoče s kontejnerem.

Vzdálenost mezi patry je 1 800 mm a vyplynula z rozměrů, zdvihu a umístění HM₁ na nosné konstrukci společně s hloubkou zanoření násypky do kontejneru.



Obrázek 40 - Umístění rolen na rámu násypky a detail jedné rolly

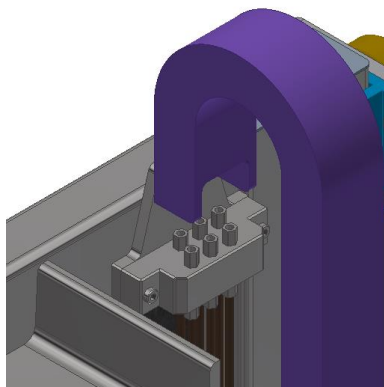
5.5.8. Prvky hydraulického okruhu na násypce

Jelikož je pro manipulaci s dveřmi násypky a zajištění těchto dveří při lisování využito hydromotorů, tak je potřeba na násypku přivést pracovní kapalinu. Návrh hydraulického okruhu je popsán dále v této práci a zde je popsán pouze návrh vedení potrubí na násypce.

5.5.8.1. Návrh vedení a zakrytování potrubí po násypce

V horní části násypky, na stejné úrovni jako je umístěn držák pro HM₁, je k rámu násypky přivařen plech o tloušťce 15 mm. K tomuto plechu je přišroubován energo-řetěz a port sloužící k napojení hadic přivedených energo-řetězem (Obr. 41). Tento energo-řetěz zajišťuje dodržení povoleného rádiusu u hydraulických hadic a jejich překlenutí rozdílné vzdálenosti mezi nosnou konstrukcí a násypkou při pohybu násypky.

Následně jsou z tohoto portu vedeny ocelové trubky po násypce blíže k jednotlivým hydromotorům, kde jsou na ně napojeny hadice a ty jsou poté vedeny k portům jednotlivých hydromotorů. Upevnění trubek k násypce je pomocí objímek, montážních spon a P-klipů.



Obrázek 41 -Uchycení hydraulických hadic na násypce

Zakrytování potrubí

Potrubí je vedeno rohem násypky a při návrhu se vycházelo z předpokladu, že odpad přivedený dopravníkem bude padat převážně středem násypky a v rozích tedy nehrozí velké nárazy do krytů od odpadu.

Zakrytování trubek je zajištěno pomocí šikmo umístěných plechů o tloušťce 5 mm. Pro každý roh jsou použity rozdílné kryty, jelikož jedním rohem násypky jsou vedeny 2 trubky a druhým rohem 4 trubky.

V rohu s 2 trubkami jsou trubky následně vedeny za plechem sloužícím pro usměrnění pádu odpadu.

V rohu se 4 trubkami zasahuje do násypky dopravník, takže je k rámu násypky připevněn L profil, který zajišťuje ochranu potrubí před případným pádem odpadu.

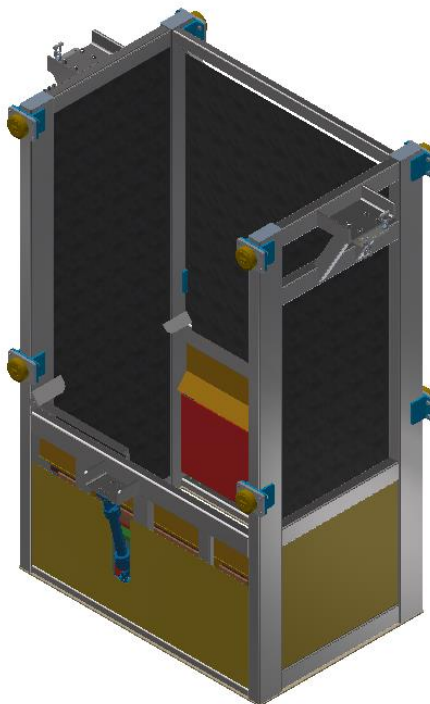
Při návrhu těchto krycích prvků byla snaha docílit snadné smontovatelnosti a rozebíratelnosti pro případnou výměnu potrubí.

5.5.9. Zaplechování násypky

Pro usměrňování pádu odpadu jsou k rámu násypky po stranách připevněny desky z různě tlustého ocelového plechu v závislosti na umístění (Obr. 42).

Černě jsou vyznačeny plechy o tloušťce 2 mm a zlatě jsou vyznačeny plechy tloušťky 1,5 mm sloužící k tomu, aby nedošlo k nabraní odpadu násypkou při jejím zanoření do odpadu v průběhu lisování. V těchto plechách je vytvořen otvor z důvodu možnosti zvednutí křídla dveří násypky do horní polohy. Spodní hrana tohoto otvoru je ve výšce 330 mm od spodní hrany násypky. Kvůli zamezení vniknutí odpadu při lisování tímto vybráním je možné umístit do otvoru pryžové překrývající se „záclonky“ umožňující návrat HM₂ a zároveň bránící vniknutí odpadu.

Dále je ke spodní části rámu násypky přivařen plech o tloušťce 8 mm s otvorem pro odpad. Tato tloušťka byla zvolena z důvodu dosažení dodatečné tuhosti pro lisování odpadu a zároveň pro zpevnění rámu násypky.



Obrázek 42 – Zaplechování násypky

5.5.10. Výsledné parametry násypky

Výsledné parametry navržené násypky jsou shrnuty v následující tabulce.

Tabulka 9 – Výsledné parametry násypky

Výška	h_{nas}	3430 mm
Vnější průřez		2 062x1 412 mm
Vnitřní průřez		1 850x1 112 mm
Váha	m_{nas}	1650 kg

5.6. Konstrukční návrh nosné ocelové konstrukce

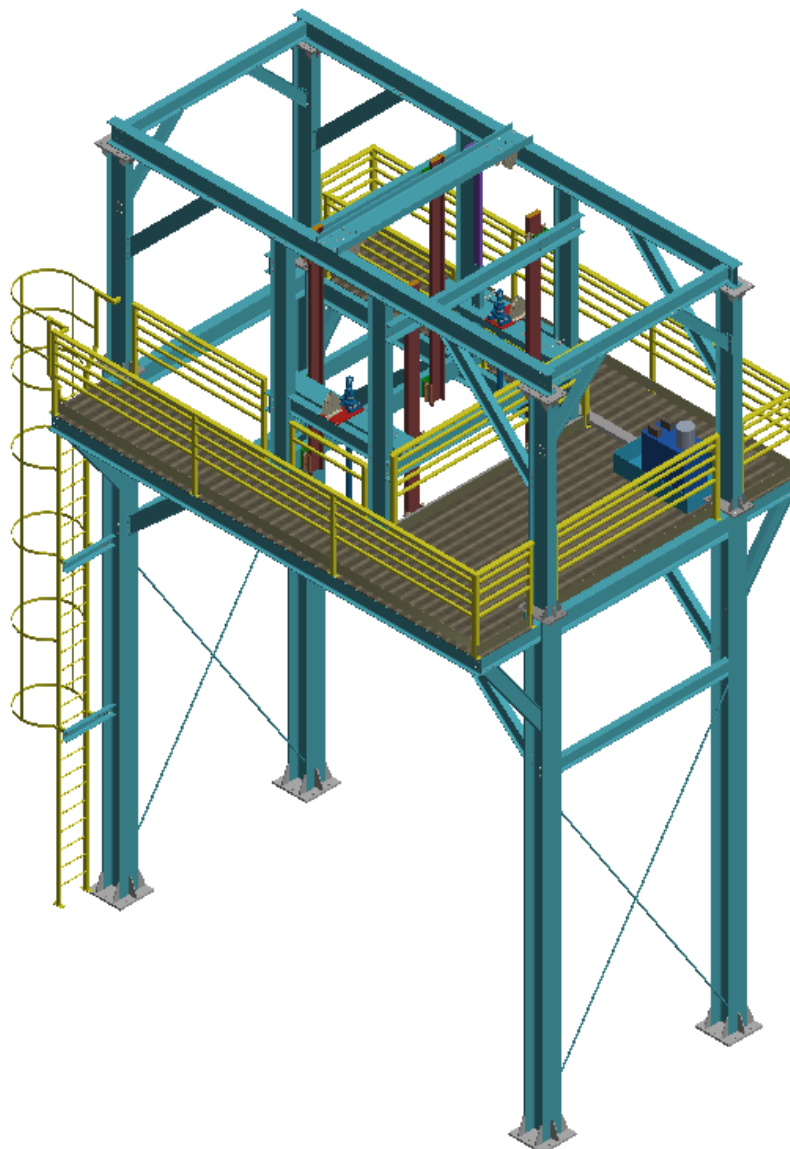
Ocelová nosná konstrukce je smontována z normalizovaných profilů a skládá se z dvou pater (Obr. 43). První patro zajišťuje pouze oporu pro druhé patro, na kterém jsou umístěny důležité prvky celého stanoviště.

Stojny prvního patra jsou z profilu HEA 300 dlouhé 7,27 m. Následně je pro stojny druhého patra použit profil IPE 300 o délce 3,1 m. Maximální výška konstrukce je 10,8 m.

Vodorovné nosníky prvního a druhého patra jsou tvořeny různými velikostmi profilu IPE v závislosti na jejich délce a zatížení od silových účinků lineárních hydromotorů, zatížení od roštů anebo od předpokládaného zatížení díky částem elektro-hydraulického agregátu.

Pro vzpěry vodorovných nosníků je použit profil IPE 200 pro první patro a IPE 160 pro 2 patro. Pro zavětrování mezi stojnami prvního patra jsou použita ocelová lana o průměru 12 mm.

Maximální šířka konstrukce činí 5,2 m.

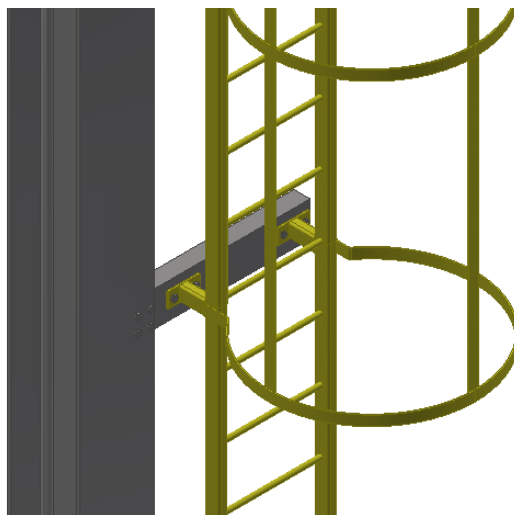


Obrázek 43 – Ocelová nosná konstrukce

5.6.1. Žebřík

Žebřík pro toto stanoviště zajišťuje přístup do výšky 7,21 m a pro jeho zabezpečení se použila ochranná klec složená ze svařených pásů plechu přivařených na obruče přivařené k žebříku. Podle normy ČSN 74 3282 je povinnost osadit žebřík ochranným zařízením při délce žebříku větší než 3,0 m.

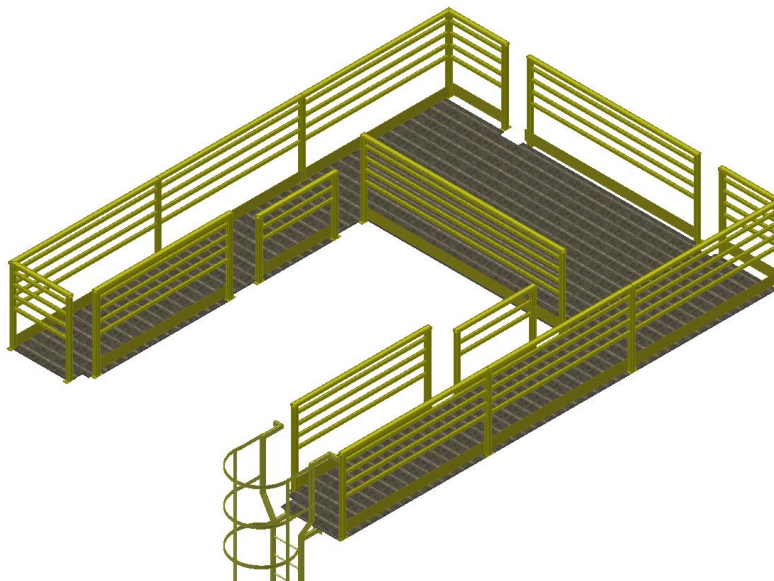
Žebřík je k nosné konstrukci uchycen pomocí šroubů M12. Boční sloupky jsou tvořeny z jeklu 60x40x4 a jednotlivé stupačky jsou vyrobeny z tyčoviny o průměru 20 mm (Obr. 44).



Obrázek 44 – Žebříku s ochrannou klecí

5.6.1. Pochozí lávka

Pochozí lávka byla navržena pro obsluhu stanoviště a je složena z ocelových roštů tvořících podlahu a zábradlí zabezpečujícího bezpečný pohyb osob po této lávce (Obr. 45). Ve spodní části zábradlí je plech pro zabránění pádů předmětů upadnuvších z rukou obsluhy. Kolmé sloupky jsou vyrobeny z jeklu 60x60x4 a jsou přišroubovány k nosné konstrukci šrouby M8. Vodorovné profily tvořící výplň zábradlí jsou z jeklu 40x40x4 a madlo je vyrobeno z jeklu 70x40x4. Při návrhu se postupovalo podle normy ČSN 74 3305.



Obrázek 45 - Pochozí lávka se zábradlím

5.6.2. Uchycení kladek mechanické synchronizace posuvů hydromotorů na nosné konstrukci

V horní části nosné konstrukce je přišroubován k nosné konstrukci U profil, na kterém jsou přichyceny 4 kladky, které jsou součástí mechanické synchronizace posuvů.

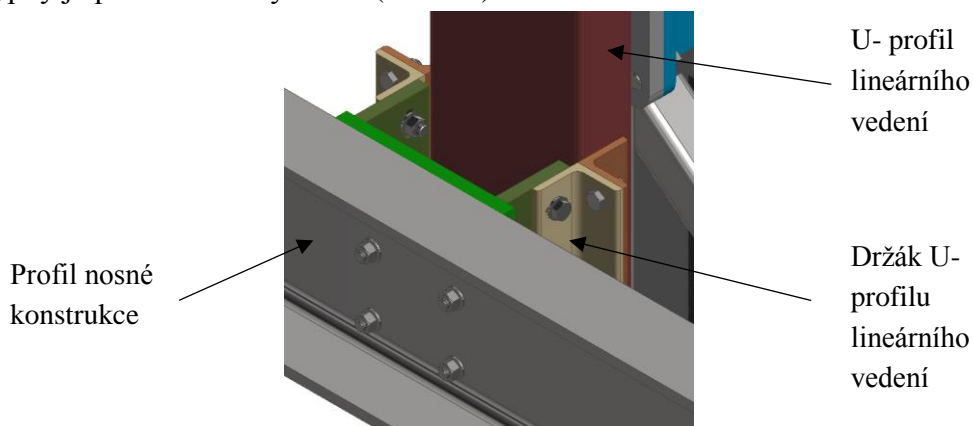
5.6.3. Lineární vedení násypky na nosné konstrukce

Jak již bylo zmíněno, tak pro lineární vedení jsou použity kombinované rolny a jejich vedení je zajištěno U profily od výrobce FGS. Jedná se o za tepla válcované U 300-6 profily z materiálu *18MnNb6* s mezí kluzu $R_{eh300} = 400 \text{ N} \cdot \text{mm}^{-2}$ s maximální délkou 7 200 mm. [44]

Pro toto stanoviště jsou použity čtyři U profily o délce $l_{u300} = 3\,400 \text{ mm}$ s hmotností jednoho profilu $m_{u300} = 177,4 \text{ kg}$.

5.6.3.1. Upevnění U profilů lineárního vedení

Upevnění každého U profilu lineárního vedení na nosné konstrukci je zajištěno pomocí tří držáků. Tyto držáky se skládají ze tří dílů a jsou smontovány šrouby M12. Pro možnost vyrovnání odchylek vzniklých montáží nosné konstrukce a dosažení přesného vedení násypky je použito oválných děr (Obr. 46).

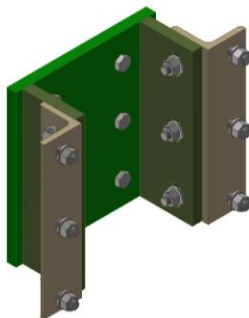


Obrázek 46 – Upevnění držáku U-profilů lineárního vedení

Držák lineárního vedení

Na každém z U profilů je přivařeno 6 tyčí rovnoramenného L průřezu CSN 425541 L60x60x8 s délkou 240 mm. V každém z těchto L profilů jsou 3 díry pro šroub M12.

Dalším dílem držáku je svařenec s U průřezem z plechů tloušťky 15 mm, ve kterém jsou oválné díry pro šroub M12. Spojovacím dílem svařence U-profilu lineárního vedení s navařenými L profily je L profil shodných rozměrů (Obr. 47).

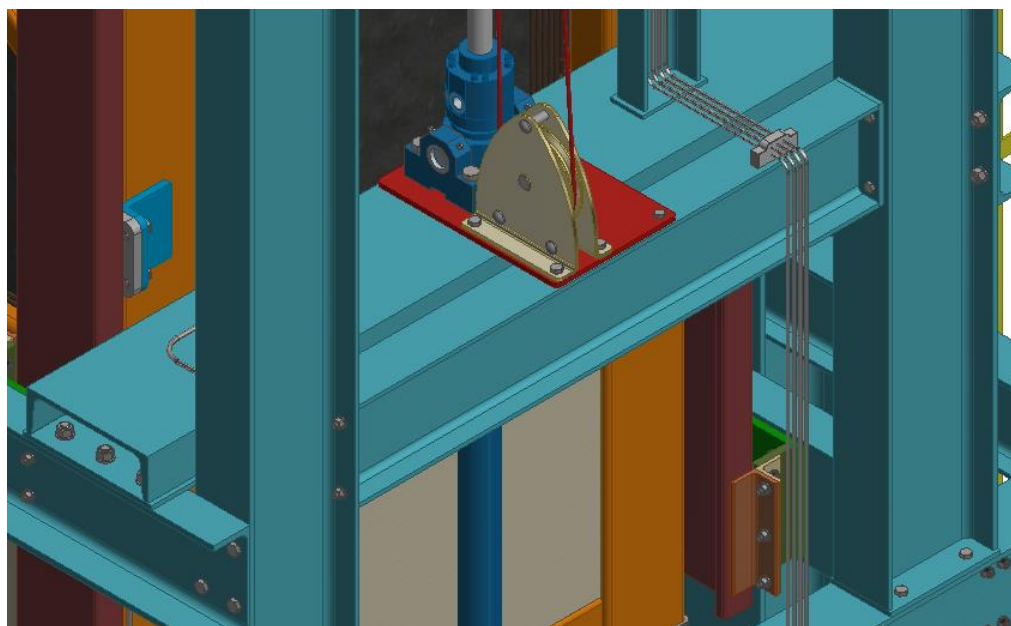


Obrázek 47- Držák U – profilu lineárního vedení

5.6.4. Uchycení držáků hydromotorů HM₁ na nosné konstrukci

Pro upevnění 2 hydromotorů HM₁ na nosné konstrukci, sloužících pro lisování a zvedání násypky, jsou použity držáky od výrobce Bosch Rexroth s označením CLTB40 [42].

Hydromotory jsou uloženy kloubově, a to z důvodu, aby pouze zvedaly a lisovaly násypkou a nedocházelo k namáhání vedení hydromotorů v případě vychýlení násypky (Obr. 48).



Obrázek 48 – Uchycení držáku hydromotoru HM₁ na nosné konstrukci

5.6.5. Návrh hydromotorů HM₁ pro zdvih násypky a lisování

Volba lineárních hydromotorů pro zdvih a lisování násypkou se odvíjela od zadanych parametrů vycházejících z rozměrů konstrukce kolotoče pro otáčení kontejnerem, síly lisování, rozměrů a hmotnosti lisovací násypky. Pro volbu válců byly tyto následující požadavky (Tab. 10).

Tabulka 10 - Parametry pro volbu hydromotorů HM₁

Počet válců	$n = 2$
Zdvih válců	$h = 1420 \text{ mm}$
Zvednutí násypky o hmotnosti	$m_{nás} = 1\,650 \text{ kg}$
Lisovací síla celého zařízení	$F_{plis} = 30\,000 \text{ N}$

Po odečtení síly G_N od požadované lisovací síly F_{plis} vyšla potřebná síla F_{lp} kterou musí být hydromotory schopny vykonat pro splnění požadavku na lisování odpadu.

$$F_{lp} = F_{plis} - G_N = 30\,000 - 16\,186,5 = 13\,813,5 \text{ N} \quad (16)$$

Hydromotory jsou umístěny na násypce symetricky, takže se síla F_{lp1} pro jeden hydromotor potřebná pro lisování určila jako:

$$F_{lp1} = \frac{F_L}{2} = \frac{13\,813,5}{2} = 6\,906,75\,N \quad (17)$$

A síla potřebná pro zvedání násypky pro jeden hydromotor jako:

$$F_{z1} = \frac{G_n}{2} = \frac{16\,186,5}{2} = 8\,093,25\,N \quad (18)$$

Vzhledem k tomu, že vyšlo $F_{z1} > F_{lp1}$, tak bylo rozhodnuto, že se hydromotor umístí tak, aby při stejném pracovním tlaku působil tlak oleje na větší pracovní plochu hydromotoru a hydromotor tak byl schopen dosáhnout větší tlakové síly při zdvihu násypky. Pístnice hydromotoru je tedy zatěžována při lisování na tah a při zvedání násypky na tlak.

5.6.5.1. Dimenzování průměru pístnice hydromotoru HM₁

Dimenzování průměru pístnice proběhlo na základě předpokladu, že namáhání pístnice je v oblasti elastického vzpěru. [45] Byl uvažován případ maximálního zdvihu hydromotoru

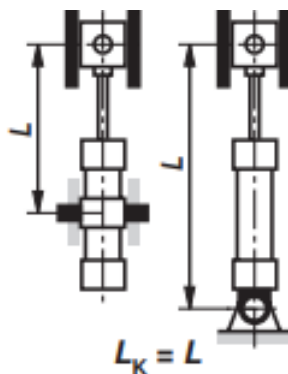
Pro výpočet kritické síly F_{kr} , dle Eulera platí, že:

$$F_{krHM1} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_{minHM1}}{L_{kHM1}^2} \quad (19)$$

Kde materiál pístnice je uvažován jako materiál s vyšší mezí pevnosti a Youngovým modulem pružnosti $E = 2,1 \cdot 10^5\,N \cdot mm^{-2}$. D_{2HM1} je průměr pístnice dimenzovaného hydromotoru. Pro výpočet kvadratického momentu průřezu platí, že:

$$I_{minHM1} = \frac{\pi \cdot d_{2HM1}^4}{64} \quad (20)$$

L_k je redukovaná délka v závislosti na uložení hydromotoru (Obr. 49) a výsledná délka L_{HM1} se určila ze zdvihu, geometrických rozměrů násypky a nosné konstrukce. Výsledné $L_{kHM1} = 1\,725\,mm$.



Obrázek 49 – Redukovaná délka pro kontrolu na vzpěr [42]

Pro kritické napětí platí následující vzorec, kde S je plocha průřezu pístnice.

$$\sigma_{kr} = \frac{F_{kr}}{S_{2HM1}} = \frac{\pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_{minHM1}}{L_{kHM1}^2}}{S_{2HM1}} = \pi^2 \cdot \frac{E}{\lambda_{HM1}^2} \quad (21)$$

Kde λ je štíhlost prutu:

$$\lambda_{HM1} = \frac{L_{kHM1}}{\sqrt{\frac{I_{minHM1}}{S_{2HM1}}}} \quad (22)$$

Dále je uvažován minimální bezpečnostní faktor $k_v = 3,5$, což je poměr kritické síly a síly působící na pístnici. [42]

$$k_{v1} = \frac{F_{krHM1}}{F_{z1}} \quad (23)$$

Z předchozích rovnic se vyjádřila rovnice pro výpočet minimálního průměru d_{minHM1} pístní tyče pro dané zatížení:

$$F_{z1} \cdot k_{v1} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot \frac{\pi \cdot d_{minHM1}^4}{64}}{L_{kHM1}^2} \quad (24)$$

$$d_{minHM1} = \sqrt[4]{\frac{k_{v1} \cdot F_{z1} \cdot L_{kHM1}^2 \cdot 64}{\pi^3 \cdot E}} \quad (25)$$

Dosazením do předchozí rovnice se získala velikost minimálního průměru d_{minHM1} .

$$d_{minHM1} = \sqrt[4]{\frac{3,5 \cdot 8\,093,25 \cdot 1\,725^2 \cdot 64}{\pi^3 \cdot 2,1 \cdot 10^5}} = 30,17 \text{ mm} \quad (26)$$

Poté byl zvolen průměr pístnice větší než d_{minHM1} jako $d_{2HM1} = 47 \text{ mm}$.

Pro kontrolu na vzpěr pomocí Eulerových vztahů musí platit, že štíhlost prutu $\lambda_{HM1} > \lambda_{mHM1}$, kde λ_{mHM1} je mezní štíhlost pístnice. Pro zvolený průměr se vypočítal štíhlostní poměr pístnice λ_{HM1} :

$$\lambda_{HM1} = \frac{L_k}{\sqrt{\frac{I_{mzHM1}}{S_{2HM1}}}} = \frac{1\,725}{\sqrt{\frac{\pi \cdot d_{2HM1}^4}{64 \cdot S_{2HM1}}}} = 146,8 \quad (27)$$

A následně mezní štíhlostní poměr pístnice λ_{mHM1} :

$$\lambda_{mHM1} = \pi \cdot \sqrt{\frac{E}{0,8 \cdot R_e}} = \pi \cdot \sqrt{\frac{2,1 \cdot 10^5}{0,8 \cdot 235}} = 89,3 \quad (28)$$

Jelikož vyšlo $\lambda_{HM1} > \lambda_{mHM1}$, tak docházelo porušení stability v pružné oblasti a pro výpočet bylo možné použít Eulerovy vztahy.

Pro zvolený průměr je s bezpečností $k_{vHM1} = 3,5$ kritická síla F_{kzHM1} rovna:

$$F_{kzHM1} = \pi^2 \cdot \frac{E \cdot I_{mzHM1}}{k_{vHM1} \cdot L_{kHM1}^2} \quad (29)$$

$$F_{kzHM1} = \pi^2 \cdot \frac{2,1 \cdot 10^5 \cdot \frac{\pi \cdot d_{2HM1}^4}{64}}{3,5 \cdot 1\,725} = 47\,668,8\,N \quad (30)$$

5.6.5.2. Dimenzování průměru válce hydromotoru HM₁

Pro zvednutí násypky a překonání tíhového zrychlení působícího na násypku bylo třeba vykonat 1 pístem minimální sílu $F_{z1} = 8\,093,25\,N$. Od toho se tedy odvíjel výpočet průměru válce hydromotoru.

Pro zvolený pracovní tlak $p_{prac} = 5\,N \cdot mm^{-2}$ a požadovanou sílu F_{z1} se vypočítala minimální plocha S_{1HM1}^* průřezu válce hydromotoru potřebná pro zvednutí násypky.

$$S_{1HM1}^* = \frac{F_{z1}}{p_{prac}} = \frac{8\,093,5}{5} = 1\,618,65\,mm^2 \quad (31)$$

Poté se spočítal minimální průměr válce hydromotoru d_{1HM1}^* z plochy S_{1HM1}^* .

$$d_{1HM1}^* = \sqrt{\frac{4 \cdot S_{1HM1}^*}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1\,618,65}{\pi}} = 45,4\,mm \quad (32)$$

Následně byl zvolen průměr válce hydromotoru $d_{1HM1} = 63\,mm$.

Pro zvolený průměr válce je hydromotor schopen vyvinout sílu pro zvedání násypky F_{z1HM1} .

$$S_{1HM1} = \frac{\pi \cdot d_1^2}{4} = \frac{\pi \cdot 63^2}{4} = 3\,117,45\,mm^2 \quad (33)$$

$$F_{z1HM1} = S_{1HM1} \cdot p_{prac} = 3\,117,45 \cdot 5 = 15\,586,2\,N \quad (34)$$

Lisovací síla, které je hydromotor schopen dosáhnout se vypočítala z následující rovnice, kde S_{m2HM1} je plocha mezikruží hydromotoru.

$$\begin{aligned} S_{m2HM1} &= S_{1HM1} - \frac{\pi \cdot d_{2HM1}^2}{4} = 3\,117,45 - \frac{\pi \cdot 45^2}{4} \\ &= 1\,382,3 \text{ mm}^2 \end{aligned} \quad (35)$$

$$F_{l1} = S_{m2HM1} \cdot p_{prac} = 1\,382,3 \cdot 5 = 6\,911,5 \text{ N} \quad (36)$$

$$F_{lp1} \approx F_{l1} \rightarrow 6\,906,75 \text{ N} \approx 6\,911,5 \text{ N} \quad (37)$$

Zvolený hydromotor o průměru válce $d_{1HM1} = 63 \text{ mm}$ a průměru pístnice $d_{2HM1} = 47 \text{ mm}$ tedy vyhovuje, jelikož je schopen vyvolat lisovací sílu $F_{l1} = 6\,911,5 \text{ N}$ a sílu pro zvednutí násypky $F_{z1HM1} = 15\,586,2$, bez překročení kritické síly $F_{kzHM1} = 47\,668,8 \text{ N}$.

5.7. Hydraulický okruh

V celém stanovišti se nachází celkem 5 lineárních dvojčinných hydromotorů. Dva slouží lisování a zvedání násypky. Dva jsou použity pro otvírání dveří násypky a jeden zajišťuje zajištění dveří násypky při lisování odpadu násypkou. V následující tabulce jsou vypsány použité hydromotory společně s důležitými rozměry.

Tabulka 11 – Označení a rozměry hydromotorů

Označení HM	Funkce HM	Průměr válce/pístnice	Plocha válce/mezikruží	Zdvih HM
	-	[mm]	[mm ²]	[mm]
HM₁	<i>Lisování a zvedání násypky</i>	63/47	3 117,2 / 1 382,3	1420
HM₂	<i>Otvírání a zavírání dveří násypky</i>	50/32	1 963,5 / 1 159,3	300
HM₃	<i>Zajištění dveří násypky</i>	24/14	452,4 / 298,5	45

Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole zabývající se principem navrženého stanoviště, tak v tomto stanovišti je několik na sebe navazujících fází. Hydromotory pracující v jednotlivých fázích mají rozdílné rychlosti posuvů a zdvihů. Pro přehlednost jsou do následující tabulky zaneseny jednotlivé po sobě jdoucí fáze společně s aktivními hydromotory, jejich zdvihy a zvolenými rychlostmi posuvů.

Dále jsou vypočítány objemové průtoky pro jednotlivé fáze pro daný hydromotor (Tab. 12). Objemové průtoky jsou vypočítány ze vzorce:

$$Q_{HM} = S \cdot v \quad (38)$$

Trvání jedné fáze je určeno z rovnice:

$$t = \frac{h}{v} \quad (39)$$

Tabulka 12 – Fáze lisovacího cyklu

Činnost	Aktivní HM	Zdvih <i>h</i>	Posuv <i>v</i>	Pracovní plocha <i>S</i>	Objemový průtok <i>Q_{HM}</i>	Trvání operace <i>t</i>
		[mm]	[mm/s]	[mm ²]	[dm ³ /min]	[s]
<i>Násypka dolů</i>	<i>HM₁</i>	920	150	1 382,3	12,4	6,1
<i>Sklopení dveří</i>	<i>HM₂</i>	300	100	1 963,5	11,8	3,0
<i>Zasunutí zářezky</i>	<i>HM₃</i>	45	18	452,4	0,5	2,5
<i>Lisování násypkou</i>	<i>HM₁</i>	500	75	1 382,3	6,2	6,7

Násypka nahoru	HM_1	1420	75	3 117,2	14,0	18,9
Vysunutí zarážky	HM_3	45	18	298,3	0,3	2,5
Zvednutí dveří	HM_2	300	80	1 159,3	7	3,8

5.7.1. Návrh hydrogenerátoru

Celková doba jednoho cyklu činí 43,5 sekund a maximální potřebný objemový průtok, který musí dodávat hydrogenerátor pro jeden hydromotor je roven 14,0 l/min. Dochází k němu, když je násypka zvedána nahoru do počáteční pozice. Protože jsou v této fázi v činnosti oba hydromotory HM_1 , tak je požadovaný objemový průtok Q_{pHG} od hydrogenerátoru roven:

$$Q_{pHG} = 2 \cdot Q_{HM} = 2 \cdot 14 = 28 \text{ dm}^3/\text{min} \quad (40)$$

V katalogu výrobce PQS Technology byl zvolen lamelový hydrogenerátor s nastavitelným geometrickým objemem regulací na konstantní tlak s modelovým číslem: *1PV2V3-30/40RA01MC631* [46].

Parametry lamelového regulačního hydrogenerátoru z katalogu výrobce jsou vypsány v tabulce 13.

Tabulka 13 – Technické údaje lamelového regulačního hydrogenerátoru [46]

Technická data	Symbol	Jmenovitá velikost hydrogenerátoru V3/40
Jmenovitý geometrický objem	V_{gHG}	$32 \text{ cm}^3/\text{ot}$
Jmenovitý průtok při $n = 1450 \text{ min}^{-1}$, $p = 1 \text{ MPa}$	Q_{nHG}	$47 \text{ dm}^3/\text{min}$
Rozsah otáček	n_{HG}	$950 \text{ až } 1800 \text{ min}^{-1}$
Typ pružiny	-	C63

5.7.1.1. Výpočet skutečného průtoku dodávaného hydrogenerátorem

V katalogu se pro hydrogenerátor V3/40 s pružinou C63 při provozním tlaku $p_{prac} = 5 \text{ MPa}$ a otáčkách $n_{HG} = 1450 \text{ min}^{-1}$ určil průtok $Q_{HG_{graf}} = 44 \text{ dm}^3/\text{min}$. Poté se z dalšího grafu určila celková účinnost $\eta_{cel} = 72 \%$ a dosadila se do rovnice pro skutečný průtok dodávaný hydrogenerátorem $Q_{HG_{SK}}$ [46]:

$$Q_{HG_{SK}} = V_{HG} \cdot \eta_{cel} \cdot n_{HG} \quad (41)$$

$$Q_{HG_{SK}} = 32 \cdot 10^{-4} \cdot 0,72 \cdot 1\,450 = 33,41 \text{ dm}^3/\text{min} \quad (42)$$

Jelikož je $Q_{HG_{SK}} > Q_{pHG}$, tak hydrogenerátor vyhověl požadavkům na minimální dodávaný průtok.

5.7.2. Volba elektromotoru

Hydrogenerátor je poháněn elektromotorem a jeho potřebný výkon se spočítal z rovnice:

$$P_{HG} = \frac{V_{gHG} \cdot n_{HG} \cdot p_{prac}}{\eta_{cel}} \quad (43)$$

$$P_{HG} = \frac{32 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{1450}{60} \cdot 50 \cdot 10^5}{0,72} = 5\,370,4\,W \quad (44)$$

Dle spočítané hodnoty byl zvolen z katalogu výrobce Siemens asynchronní trojfázový elektromotor s označením *1LE1002-1CB03* s následujícími parametry (Tab. 14). [47]

Tabulka 14 – Technické údaje elektromotoru [47]

Technická data	Symbol	Jmenovitá velikost
Výkon	P_{em}	5,5 kW
Otáčky	n_{em}	1 450 min ⁻¹
Napětí	U_{HG}	400/600 V, 50 Hz
Hmotnost	m_{em}	38 kg

5.7.3. Určení potřebného tlaku v hydraulickém obvodu

Velikost potřebného tlaku pro nastavení pojistného ventilu se odvíjela od tlakových ztrát na hydraulických prvcích ve větvi hydraulického obvodu a tlakového spádu na hydromotoru.

Tlak na pojistném ventilu byl zvolen jako $p_{PV} = 6,5\,MPa$.

5.7.4. Volba nádrže

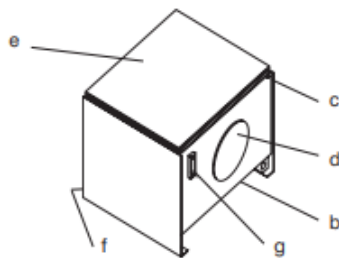
Na volbu nádrže bylo kladeno několik požadavků:

- Dostatečná velikost pro pojmnutí veškeré kapaliny potřebné pro činnost hydraulického obvodu
- Otvory pro přívod a odvod kapaliny a čištění nádrže
- Dobrý odvod tepla při ohřívání oleje v důsledku přeměny tlakové energie na energii tepelnou
- Umístění filtrů, olejovému a teploměru

Podle doporučení je vhodné volit užitečný objem nádrže V_N jako 3 až 6násobek max průtoku [38]:

$$V_N = 3 \cdot 28 = 84\,l \quad (45)$$

Nádrž byla zvolena o objemu $V_{Nz} = 100\,l$ od firmy Argo-hytos s délkou 700 mm, šířkou 370 mm a výškou 565 mm. Popis nádrže je vidět na následujícím obrázku [48].



Obrázek 50 – Popis nádrže – *b* – vypouštěcí zátka na dně nádrže, *c* – vypouštěcí zátka sběrného žlábků v horní straně, *d* – víko pro čištění na boku nádrže, *e* – přišroubované víko s protiprachovým těsněním, *f* – zemní šroub, *g* – spojitý olejoznak [48]

5.7.5. Návrh vedení pracovní kapaliny

Od nádrže s hydrogenerátorem je pracovní kapalina vedena ocelovými trubkami k portům umístěným na nosné konstrukci a na násypce poblíž míst pro příchycení hydromotorů.

Pro snadnou instalaci a případnou opravu jsou trubky vedeny shora po ocelových rostech tvořících pochozí lávku. Proti poškození jsou trubky zakryty ocelovými U profily, které jsou přišroubovány k roštům. Předpokládalo se, že po pochozí lávce se budou pohybovat pouze osoby pověřené a nebude tedy vadit překračování zakrytovaných trubek při kontrole, či opravě stanoviště.

5.7.5.1. Návrh potrubí a hadic

Při volbě průměru jednotlivých trubek a hadic se vycházelo z nomogramu. [49] Uvažovalo se, že se jedná o tlakové vedení s tlakem mezi $p = 50\text{--}100\text{ bar}$ a rychlostí kapaliny $v = 5\text{ m/s}$. Dále se vycházelo z velikostí průtoků pro jednotlivé hydromotory.

Zvolené trubky

Použité trubky jsou vypsány v následující tabulce č. 11 a jedná se o bezešvé pozinkované trubky z ušlechtilé oceli E235+N tažené za studena od výrobce *Tubes International*. Vzájemně se liší průměrem, tloušťkou stěny a délkou. [50]

Zvolené hadice

Použité hadice jsou také vypsány v následující tabulce. V závislosti na umístění a průtocích jednotlivých hadic byly zvoleny rozdílné průměry a výztuže.

Pro **hydromotory č.1** jsou použity hadice s označením *EN 853-HW-2SN-08*. Kde *2SN* značí, že hadice je opatřena dvěma kovovými oplety (Obr. 51) a *08* značí jmenovitou světelnost *DN8*. [51]



Obrázek 51 – Hadice HW-2SN [51]

Pro *hydromotory* č.2 jsou použity hadice s označením *EN 853-2SN-06* pro vedení z konstrukce na násypku v energo-řetězu s poloměrem ohybu $r_{oh} = 100 \text{ mm}$ [51].

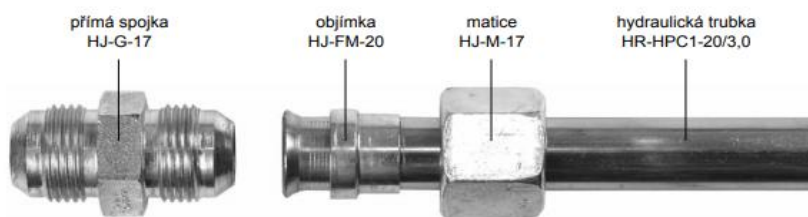
Pro *hydromotor* č.3 jsou použity dva typy hadic. Hadice *PIX PERFORMER EN 853-HW-2SN-05*, která je vedena energo-řetězem na násypku a má zvýšenou životnosti s poloměrem ohybu $r_{oh} = 90 \text{ mm}$. Následně byla zvolena hadice *EN 853-HW-2TE-05* s jedním textilním opletem a poloměrem ohybu $r_{oh} = 25 \text{ mm}$. Tento typ byl zvolen z důvodu, že se jedná o hadici, která slouží k přivedení kapaliny do hydromotoru umístěného na dveřích násypky. Tyto dveře se při každé cyklu lisování otevírají a zavírají a kvůli omezenému zástavbovému prostoru, kterým je možno hadici vést, se zvolila hadici s co nejmenším poloměrem ohybu [51].

Tabulka 15 - Parametry trubek a hadic hydraulického okruhu

Číslo HM	Počet trubek n_t	Vnitřní průměr trubky d_t	Síla stěny trubky t_t	Počet hadic n_h	Jmenovitá světlost hadice DN	Typ výztuže hadice	Vnější průměr hadice D_h
	-	[mm]	[mm]	-	-	-	[mm]
HM₁	4	8,0	1,0	4	8	2SN	16,5
HM₂	8	6,0	1,0	8	6	2SN	14,9
HM₃	4	3,0	1,5	2	5	2SN	13,4
				2	5	2TE	11,8

Šroubení

Bylo zvoleno šroubení dle normy SAE J514 se spojkami JIC 37. Kompletace spojky s trubicí je prováděná dle následujícího obrázku převzatého z katalogu výrobce. [52]



Obrázek 52 - Kompletace spojky JIC37 [52]

5.7.5.2. Energo-řetěz

Tento energo-řetěz zajišťuje dodržení povoleného rádiusu u hydraulických hadic a jejich překlenutí rozdílné vzdálenosti mezi nosnou konstrukcí a násypkou při pohybu násypky.

Energo-řetěz je uchycen v blízkosti držáku hydromotoru HM₁ na nosné konstrukci a pracovní kapalina je k němu přivedena trubicí od hydraulicko-elektrického agregátu.

Byl zvolen plastový energetický řetěz od výrobce Ingus s vnitřní šířkou 75 mm a výškou 48 mm a minimálním ohybovým rádiusem $r_{oh} = 100 \text{ mm}$. Označení tohoto výrobku je *E2.48.075.100*. Hadice mohou být svázaný do svazku nebo se do řetězu mohou umístit volitelné přepážky, čímž se oddělí jednotlivé hadice. [53]

5.7.6. Funkční schéma hydraulického obvodu

Funkční schéma navrženého hydraulického okruhu je zobrazeno na obrázku 53.

Zdrojem tlakové tekutiny je regulační lamelový hydrogenerátor **1**, který je poháněn trojfázovým asynchronním elektromotorem **2** o výkonu $P = 5,5 \text{ kW}$. Hydrogenerátor je umístěn do nádrže **3** o objemu $V_n = 100 \text{ l}$. Tato nádrž je dále vybavena stavoznakem **4** pro kontrolu hladiny provozní kapaliny a vestavěným teploměrem.

Proti zvýšení tlaku je v okruhu umístěn za hydrogenerátorem jednosměrný pojistňovací ventil **5**.

Okruh pro lisování a zvedání násypky

Pro lisování a zvedání násypky slouží dva dvojčinné lineární hydromotory **6**. Jejichž směr pohybu a zastavení zajišťuje rozvaděč **7**. Za rozvaděčem je umístěn hydraulický zámek **8**, který zamezuje klesání násypky. Dále je v okruhu umístěn jednocestný regulátor průtoku **9**, který umožňuje regulovat rychlost klesání násypky. Proti poškození hadice byl za hydromotory připevněn pádový ventil **10**. Při výpadku proudu slouží ke spuštění násypky ručně ovládaný sedlový rozvaděč **11** s regulátorem průtoku **12** nastaveným na bezpečnou rychlost $v_{bez} = 10 \text{ mm/s}$. Pro ruční zvednutí násypky pomocí ručního čerpadla slouží vstup **13**.

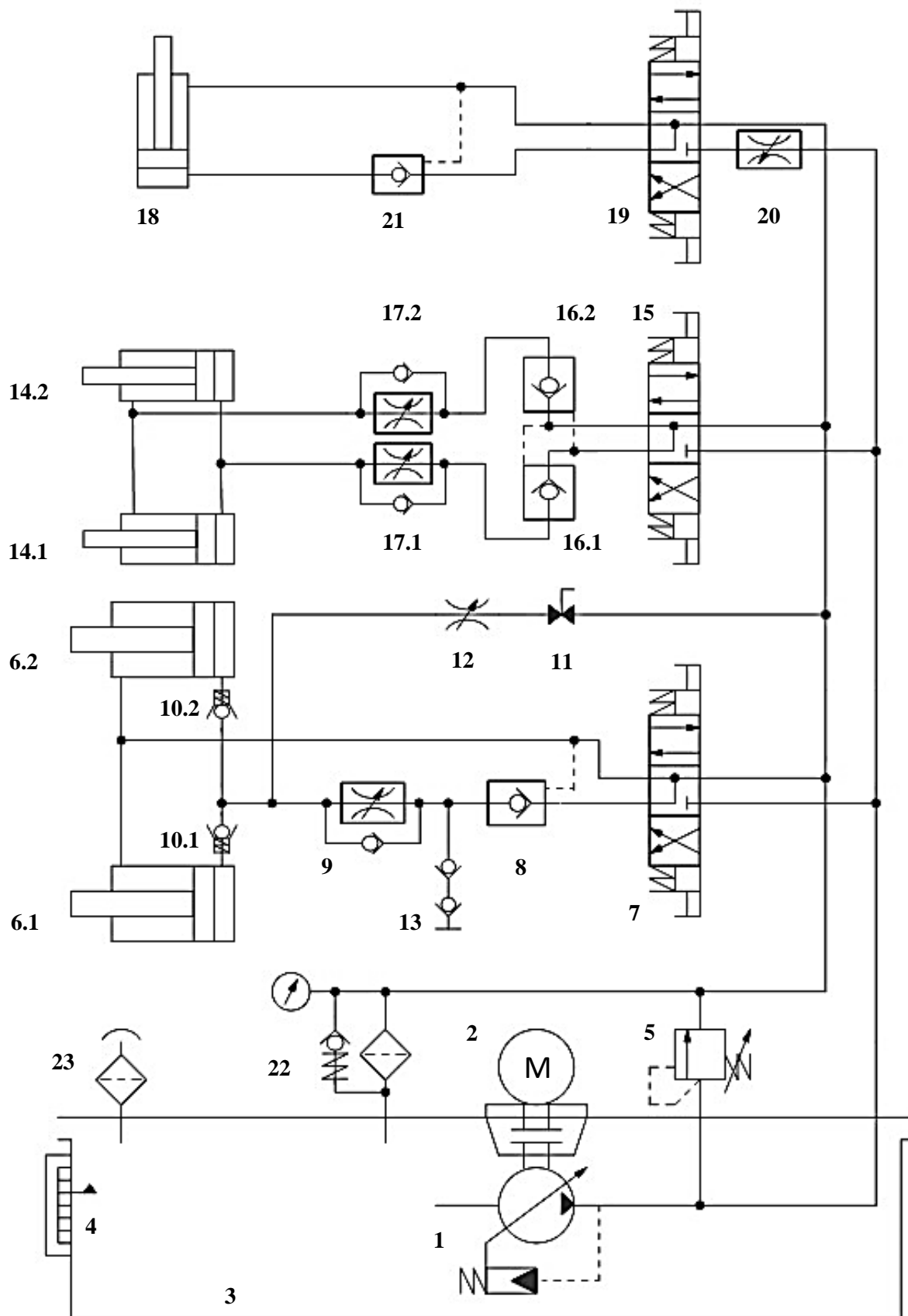
Okruh pro zvedání dveří násypky

Pro otevírání a zvedání dveří násypky slouží dva dvojčinné lineární hydromotory **14**. Jejichž směr pohybu a zastavení zajišťuje rozvaděč **15**. Za rozvaděčem je umístěn dvoucestný hydraulický zámek **16**, který zamezuje klesání a zvedání dveří. Dále jsou v okruhu umístěny dva jednocestné regulátory průtoku **17**, pro regulaci rychlosti otevírání a zavírání dveří násypky.

Okruh pro zasunutí zarážky dveří

Pro zasunutí zarážky dveří násypky slouží dvojčinný lineární hydromotor **18**. Jehož směr pohybu a zastavení zajišťuje rozvaděč **19**. Před rozvaděčem je do okruhu umístěn regulátor průtoku **20**, pro regulaci rychlosti zasunutí a vysunutí zarážky. Za rozvaděčem je umístěn jednocestný hydraulický zámek **21**, který zamezuje vysunutí zarážky při lisování.

Filtrace na odpadní větvi je dosaženo díky odpadnímu filtru **22** o absolutní filtraci $10 \mu\text{m}$. Dále je na nádrži umístěn vzduchový filtr **23**.



Obrázek 53 – Schéma hydraulického obvodu

6. Pevnostní kontrola MKP

Pro rám násypky, křídlo dveří násypky a nosnou konstrukci byly provedeny pevnostní kontroly metodou konečných prvků v programu Dlubal RFEM 5.20, ve kterých byly simulovány případy, které mohou na stanovišti nastat během jednotlivých fází plnění a lisování odpadu v kontejneru.

6.1. Pevnostní kontrola rámu násypky

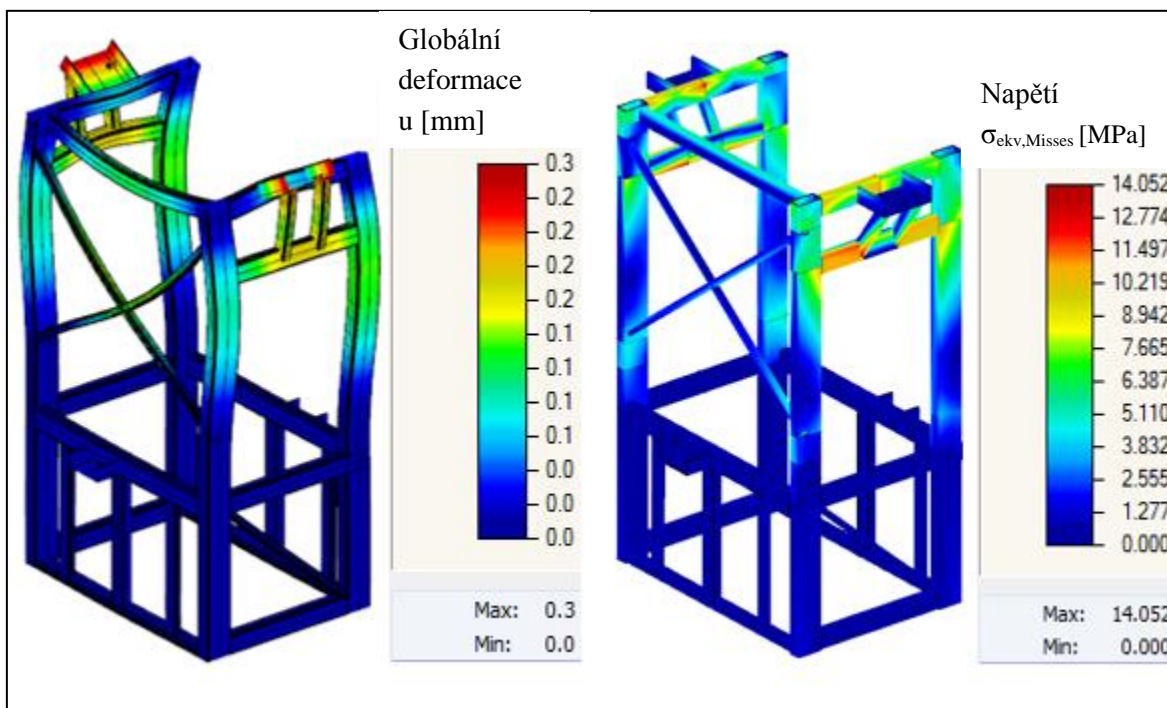
Ocelový rám násypky byl v programu nahrazen zjednodušeným modelem, kde bylo využito excentricity pro posuny některých nosníků.

Na místa na násypce, kde jsou uchyceny rolly lineárního vedení, se v programu umístily posuvné uzlové podpory.

Byly provedeny tři simulace zatížení. První simulovala zvedání násypky, druhá lisování násypkou a třetí zvedání křídla násypky. Nerovnoměrné vykreslení průběhů napětí na profilech je způsobeno zjednodušením modelu.

6.1.1. Pevnostní kontrola rámu násypky – zvedání násypky

V tomto případě na místa, kde jsou uchyceny hydromotory HM_1 působila bodová síla potřebná pro zvednutí násypky $F_{z1} = 8\,093\text{ N}$ (Obr. 54).

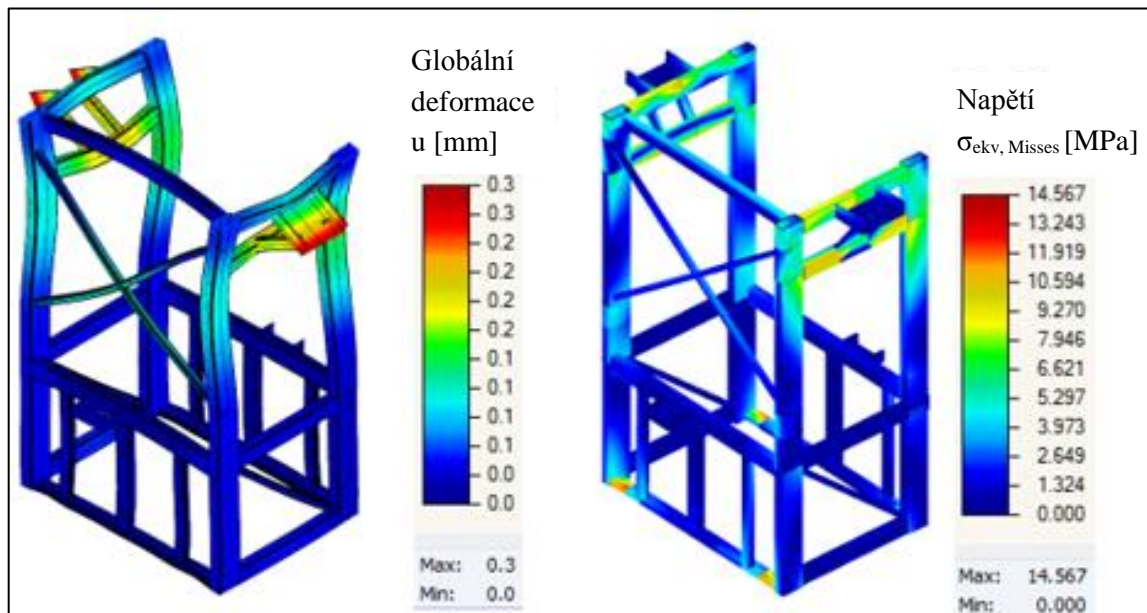


Obrázek 54 - Deformace a napětí na rámu násypky při zvedání násypky

K největší globální deformaci dochází na koncích UPE profilů, na kterých jsou upevněny držáky hydromotorů HM_1 a jedná se o deformaci $u_{n1} = 0,3\text{ mm}$. Maximální napětí $\sigma_{ekv, Mises_{n1}} = 14,052\text{ MPa}$ je na uchycení podpěr profilů s držáky hydromotorů. Rám násypky pro zvedání vyhovuje.

6.1.2. Pevnostní kontrola násypky – lisování násypkou

V tomto případě na místa, kde jsou uchyceny hydromotory HM_1 působila bodová síla při lisování od jednoho hydromotoru $F_{H1} = 6\,911,5\text{ N}$. Rám násypky byl ve spodní části v místech pantů uložen v posuvných vazbách (Obr. 55).

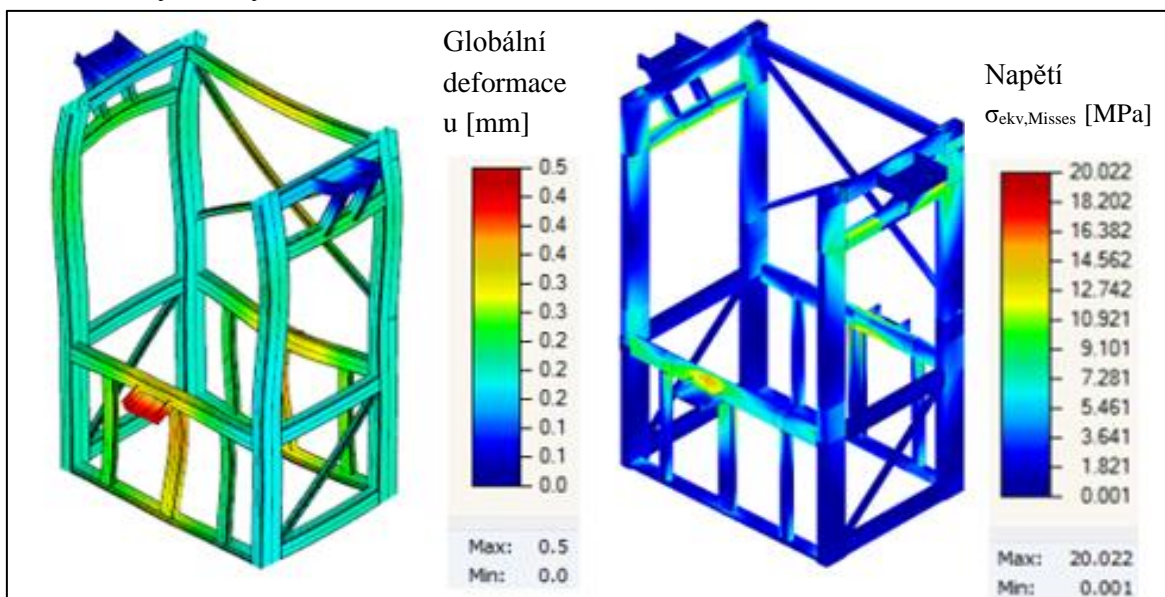


Obrázek 55 – Deformace a napětí na rámu násypky při lisování odpadu

K největší globální deformaci dochází na koncích UPE profilů, na kterých jsou upevněny držáky hydromotorů HM_1 a jedná se o deformaci $u_{n2}=0,3\text{ mm}$. Maximální napětí $\sigma_{ekv, Mises_n2} = 14,567\text{ MPa}$ je na profilu ke kterému jsou přivařeny panty dveří. Rám násypky pro lisování vyhovuje

6.1.3. Pevnostní kontrola násypky – zvedání křídel dveří násypky

Zde je simulováno zvedání křídel dveří násypky. Rám násypky je zatížen silou od hydromotorů HM_2 při zvedání dveří $F_{HM2_V} = 5\,796\text{ N}$ a zároveň je kloubově uložen na místech uchycení hydromotorů HM_1 (Obr. 56).

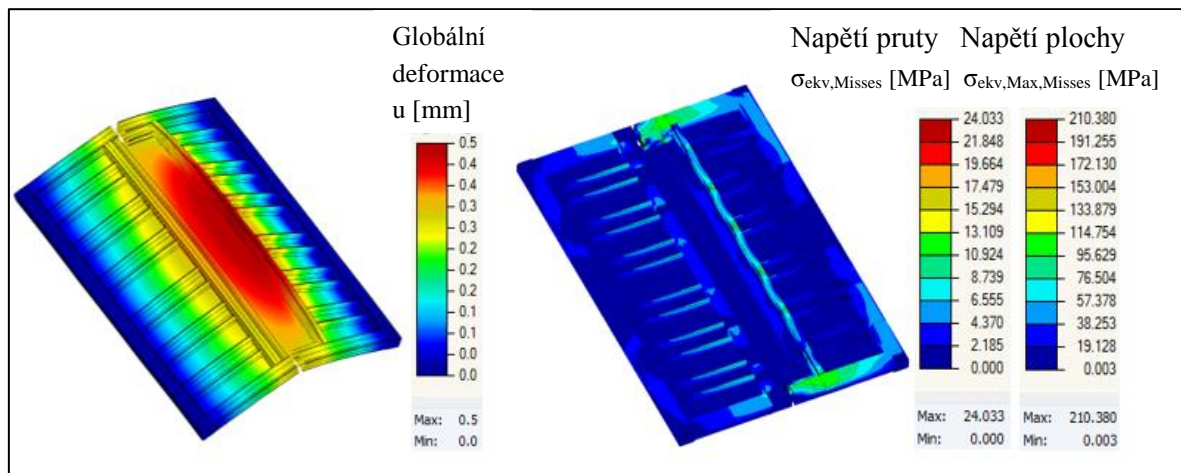


Obrázek 56 - Deformace a napětí na rámu násypky při zvedání dveří

K největší globální deformaci $u_{n3} = 0,5 \text{ mm}$ dochází na koncích UPE profilů, na kterých jsou upevněny držáky hydromotorů HM₂. Maximální napětí $\sigma_{ekv, Mises_n3} = 20,022 \text{ MPa}$ je u přichycení U profilu s držákem HM₂ na rámu násypky. Rám vyhovuje.

6.1.4. Pevnostní kontrola násypky – dveře

V tomto případě je simulováno zatížení zajištěných dveří násypky při lisování odpadu. Panty jsou nahrazeny kloubovými podpěrami. Zajišťovací deska je nahrazena plochou o zvolené tloušťce a materiálu a stejně tak spodní plech dveří. Na křídla dveří působilo plošné spojitě zatížení odpovídající velikosti plochy dveří a lisovací síle (Obr. 57).



Obrázek 57 - Deformace a napětí na rámu a plochách dveří při zvedání lisování odpadu

K největší globální deformaci $u_d = 0,5 \text{ mm}$ dochází uprostřed křídla dveří. Maximální napětí na prutech je $\sigma_{ekv, Mises_d} = 24,033 \text{ MPa}$. Na plochách dosahuje napětí maximální hodnoty $\sigma_{ekv, Max, Mises_d} = 210,380 \text{ MPa}$. Tato hodnota napětí je způsobena napěťovými špičkami v rozích desek, které byly pro simulaci idealizovány. Dveře vyhovují.

6.2. Pevnostní kontrola nosné konstrukce

Nosná konstrukce byla v programu RFEM nahrazena zjednodušeným modelem, ve kterém se neuvažovaly šroubové spoje spojující jednotlivé nosníky. Byly provedeny tři simulace zatížení.

6.2.1. Pevnostní kontrola nosné konstrukce – zvedání násypky

V tomto případě působilo na plochu pod deskou, kde je uchyceny hydromotor HM₁ spojitě zatížení $P_{nkl} = 115 \text{ kN/m}^2$, které simulovalo zvedání násypky (Obr. 58).

Velikost plochy pod deskou byla uvažována jako šířka profilu $\check{s}_p = 0,3 \text{ m}$ na šířku desky $\check{s}_d = 0,3 \text{ m}$, ke které jsou připevněny držáky hydromotorů.

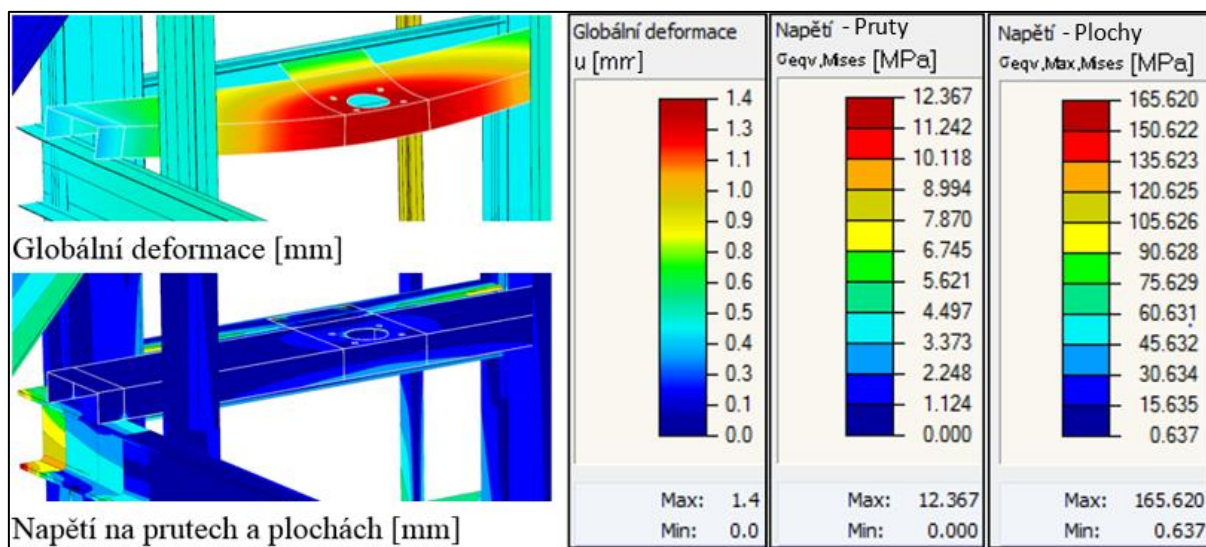
$$S_{pd} = \check{s}_p \cdot \check{s}_d = 0,3 \cdot 0,3 = 0,9 \text{ m}^2 \quad (46)$$

Od této plochy se odečetla velikost plochy děr $S_{\check{s}}$ pro šrouby a plocha díra S_{dHM} pro hydromotor.

$$S_{díry} = 4 \cdot S_s - S_{dHM} = 4 \cdot \frac{\pi \cdot 0,022^2}{4} - \frac{\pi \cdot 0,130^2}{4} = 0,752 \text{ m}^2 \quad (47)$$

Následně bylo uvažováno, že na plochu působí síla potřebná pro zvednutí násypky jedním hydromotorem $F_{z1} = 8\,093,25 \text{ N}$.

$$P_{nk1} = \frac{F_{z1}}{S_{díry}} = \frac{8\,093,25}{0,752} = 105,5 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \approx 115 \frac{\text{N}}{\text{m}^2} \quad (48)$$



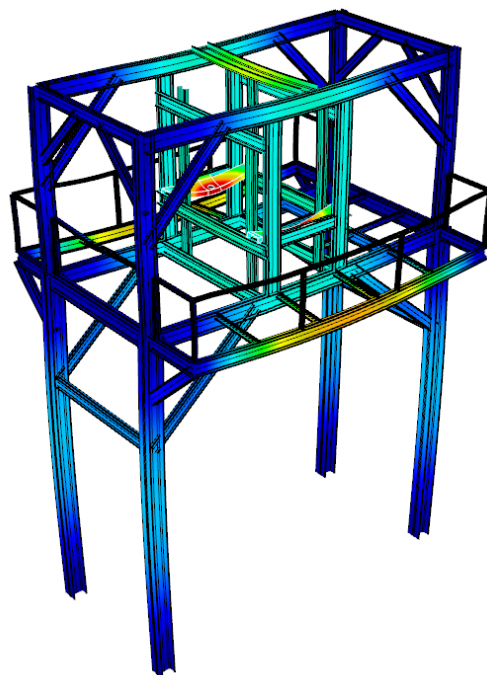
Obrázek 58 - Detail globálních deformací a napětí při zvedání násypky v místě uchycení HM_1

Na nosné konstrukci dochází k maximální globální deformaci $u_{nk1} = 1,4 \text{ mm}$ v místě silového působení od hydromotorů (Obr. 59).

Kromě rohů ploch, kde napětí dosahuje $\sigma_{eqv, Max, Mises_nk1} = 166,620 \text{ MPa}$ hodnota napětí na plochách nepřesahuje 60 MPa .

Velikost napětí na prutech nosné konstrukce není vyšší než $\sigma_{eqv, Mises_nk1} = 12,367 \text{ MPa}$.

Nosná konstrukce tedy na kontrolu zvedání násypky vyhovuje.



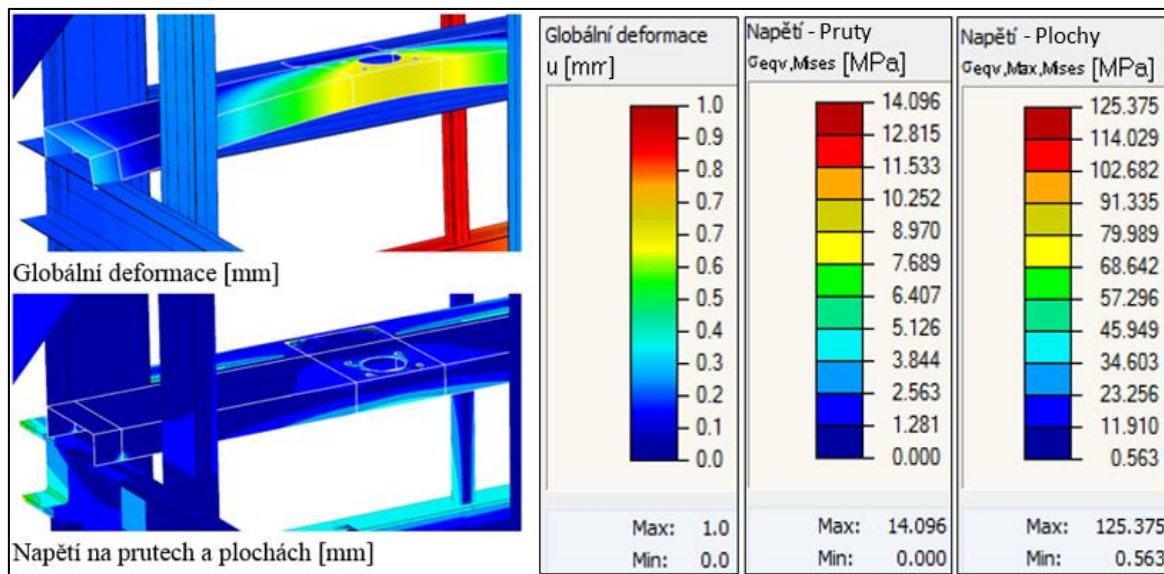
Obrázek 59 – Globální deformace na nosné konstrukci při zvedání násypky

6.2.2. Pevnostní kontrola nosné konstrukce – lisování násypkou

V tomto případě působily bodové síly v místech děr pro přišroubování držáků hydromotorů HM₁, což simulovalo lisování násypkou. Každá z těchto sil byla rovna:

$$F_{lisnk2} = \frac{F_{l1}}{4} = \frac{6\,911,5}{4} = 1\,727,88\,N \approx 1\,750\,N \quad (49)$$

Výsledné hodnoty na nosné konstrukci se příliš neliší od předchozí simulace, a proto je zde zobrazen jen detail uchycení hydromotorů (Obr. 60).



Obrázek 60 - Detail globálních deformací a napětí při zvedání násypky v místě uchycení HM₁

Na nosné konstrukci dochází k maximální globální deformaci $u_{nk2} = 1,0\,mm$ na prutech zábradlí z důvodu průhybu nosníku na kterém je toto zábradlí připevněno. V místě silového působení od hydromotorů globální deformace nepřesahují 0,7 mm.

Kromě rohů ploch, kde napětí dosahuje $\sigma_{eqv, Max, Mises_nk2} = 125,375\,MPa$ hodnota napětí na plochách nepřesahuje 69 MPa.

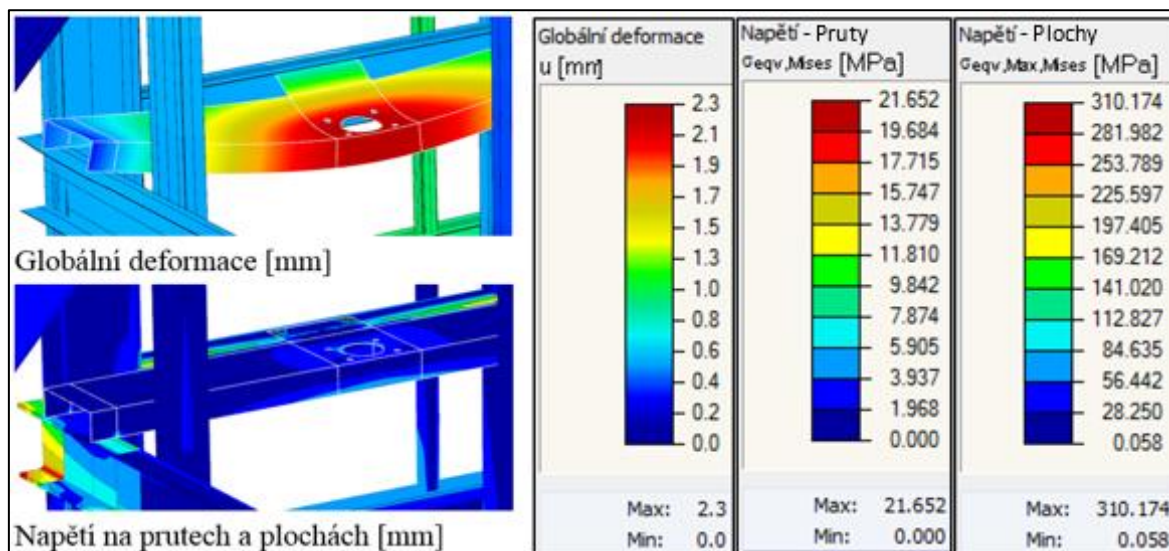
Velikost napětí na prutech nosné konstrukce není vyšší než $\sigma_{eqv, Mises_nk2} = 14,096\,MPa$ a nosná konstrukce tedy pro lisování násypkou vyhovuje.

6.2.3. Pevnostní kontrola nosné konstrukce – zatížení jednoho hydromotoru násypkou

Jako poslední simulace byl proveden případ, který mohl nastat například při poškození jednoho z hydromotorů a nosná konstrukce by byla zatěžována od násypky pouze v místě uchycení jednoho hydromotoru (Obr. 61).

V tomto případě na plochu pod deskou, kde je uchycen hydromotor HM₁ působilo spojitě zatížení $P_{nk2} = 225\,kN/m^2$. Velikost plochy byla uvažována shodně jako při zvedání násypky dvěma hydromotory s tím rozdílem, že působící síla byla o velikosti $G_N = 16\,156\,N$.

$$P_{nk1} = \frac{G_N}{S_{díry}} = \frac{16\,156,5}{0,752} = 210,96 \frac{N}{m^2} \approx 225 \frac{N}{m^2} \quad (50)$$



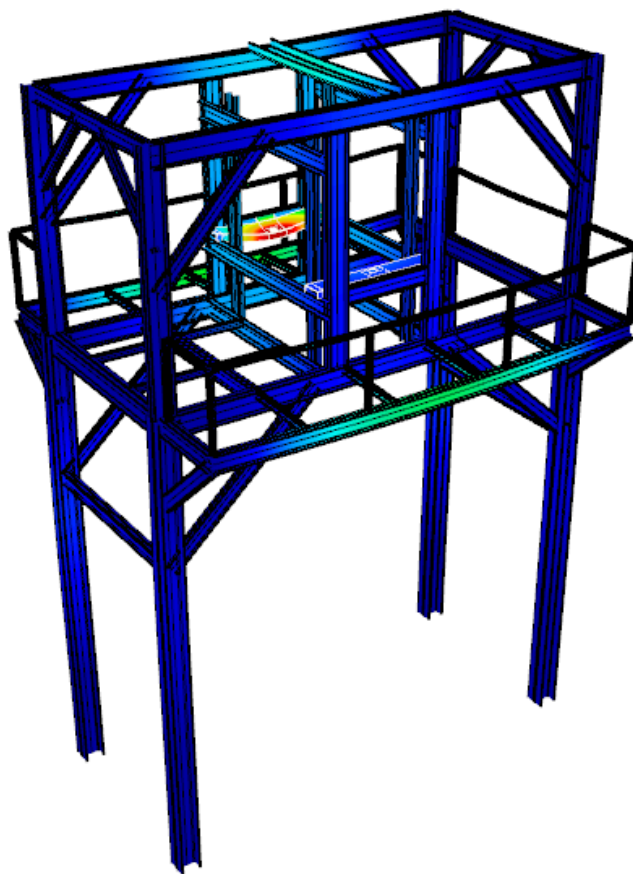
Obrázek 61 - Detail globálních deformací a napětí přenášené jedním hydromotorem HM_1

Na nosné konstrukci dochází k maximální globální deformaci $u_{nk3} = 2,3$ mm v místě silového působení od hydromotoru (Obr. 62).

Kromě rohů ploch, kde napětí dosahuje $\sigma_{ekv, Max, Mises_nk3} = 310,174$ MPa hodnota napětí na plochách nepřesahuje 113 MPa.

Velikost napětí na prutech nosné konstrukce není vyšší než $\sigma_{ekv, Mises_nk1} = 21,652$ MPa.

Nosná konstrukce tedy na kontrolu zatížení od jednoho hydromotoru HM_1 vyhovuje.



Obrázek 62 - Globální deformace na nosné konstrukci při zatížení jednoho hydromotoru

7. Závěr

V rešeršní části této diplomové práce jsou popsány způsoby nakládání s odpadem v rámci odpadového hospodářství pro Českou republiku. Dále je vysvětlen princip překladišť odpadu společně s možnostmi jejich využití a popisem rozdílných stanovišť nacházejících se na těchto překladištích.

Následně jsou v rešeršní části popsány prvky hydraulických okruhů společně se způsoby provedení synchronizace posuvů lineárních hydromotorů.

V praktické části je nejprve rozebráno zadání této diplomové práce společně s vysvětlením vstupních parametrů pro konstrukční návrh stanoviště pro plnění kontejneru směsným odpadem.

Poté jsou popsány jednotlivé navržené prvky, které se na tomto stanovišti nachází, s vysvětlením důvodů jejich vzniku a funkce. Dále je k této práci přiložen 3D model vytvořený v programu Autodesk Inventor Professional 2018 s navrženým stanovištěm.

Konkrétně byla pro toto stanoviště navržena konstrukce násypky a ocelové nosné konstrukce.

Násypka je schopna usměrňovat pád odpadu a zároveň odpad lisovat a skládá se z ocelového rámu, dveří sloužících pro lisování odpadu, 5 lineárních hydromotorů a jejich držáků, rolen lineárního vedení a plechů sloužících k usměrňování odpadu.

Nosná konstrukce je složena ze žebříku, pochozí lávky, lineárního vedení, držáků lineárních hydromotorů, kladek mechanické synchronizace a elektro-hydraulického agregátu.

V další části praktické části je řešen návrh hydraulického okruhu a dimenzování hydromotorů zajišťujících stlačení odpadu. Pro hydraulický okruh je zvolen pracovní tlak, navržen lamelový regulační hydrogenerátor s asynchronním elektromotorem, potrubí pro vedení pracovní kapaliny a spolu s ním navržen způsob vedení tohoto potrubí po násypce a nosné konstrukci.

Na závěr jsou provedeny simulace rozdílných zatížení násypky a nosné konstrukce, které mají nahrazovat reálné zatěžování konstrukcí. Výpočet byl proveden metodou konečných prvků v programu Dlubal RFEM 5.20.

Cílem této práce bylo navržení stanoviště pro plnění kontejneru směsným odpadem použitelné ve vertikálním překladišti odpadu. Navržené stanoviště spojuje lisovací zařízení s násypkou v jeden konstrukční celek a je tedy možné jej umístit mezi dopravník přivázející odpad a kontejner s tím, že po stlačení odpadu násypkou je možné zavřít dveře kontejneru. Tím tedy stanoviště splňuje požadavky na něj kladené.

Během simulací reálných zatížení nebyly překročeny dovolené hodnoty deformací a napětí a díky tomu tedy rám násypky a nosná konstrukce z tohoto pohledu vyhověly.

Jednotlivé konstrukční prvky a technická řešení použitá na tomto stanovišti splňují požadované funkce a lze konstatovat, že stanoviště svou funkci splňuje a tím odpovídá zadání.

Seznam použité literatury

- [1] *HISTORIE A STRUKTURA ODPADOVÉHO HOSPODÁŘSTVÍ* [online]. b.r. [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: <https://www.recetox-education.cz/res/obory/ENV009.pdf>
- [2] Odpady v rozvíjející se průmyslové společnosti. In: *Vitejtenazemi* [online]. Praha 10: CENIA [cit. 2019-07-18]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=odpady_v_rozvíjejici_se_prumyslove_spolecnosti&site=odpady
- [3] ČESKO. § 3 odst. 1 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020, b.r. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#p3>
- [4] ČESKO. § 3 odst. 2 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020, b.r. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#p3-2>
- [5] ČESKO. § 4 odst. 1 písm. d) zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020, b.r. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#p4-1-d>
- [6] ČESKO. § 4 odst. 1 písm. e) zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020, b.r. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#p4-1-e>
- [7] ČESKO. § 4 odst. 1 písm. g) zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020, b.r. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#p4-1-g>
- [8] ČESKO. § 4 odst. 1 písm. h) zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020, b.r. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#p4-1-h>
- [9] ČESKO. § 4 odst. 1 písm. m) zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020, b.r. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#p4-1-m>
- [10] ČESKO. § 4 odst. 1 písm. n) zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020, b.r. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#p4-1-n>
- [11] ČESKO. § 4 odst. 1 písm. p) zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020, b.r. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#p4-1-p>
- [12] ČESKO. § 4 odst. 1 písm. a) zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020, b.r. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#p4-1-a>

- [13] ČESKO. § 4 odst. 1 písm. b) zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020, b.r. [cit. 2020-01-14]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#p4-1-b>
- [14] ČESKO. § 4 odst. 1 písm. c) zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020, b.r. [cit. 2020-01-14]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#p4-1-c>
- [15] ČESKO. § 6 odst. 3 zákona č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2020, b.r. [cit. 2020-01-14]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-185#p6-3>
- [16] Směsný komunální odpad. *Vítejte na Zemi* [online]. b.r. [cit. 2019-06-29]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=smesny_komunalni_odpad&site=odpady
- [17] Nová strategie: recyklační společnost. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Vršovická 1442/65 100 10 Praha 10: Ministerstvo životního prostředí [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: https://www.mzp.cz/cz/plan_odpadoveho_hospodarstvi_cr
- [18] Sklárky se asi budou rozrůstat i po roce 2024, rychlý konec nechtějí obce. In: *Česká televize* [online]. Praha: Česká televize, 2019 [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: <https://ct24.ceskatelivize.cz/domaci/2720834-skladky-se-asi-budou-rozrustat-i-po-roce-2024-rychly-konec-nechteji-obce>
- [19] Produkce a nakládání s odpady v roce 2017. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. 2017 [cit. 2019-07-07]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/produkce_nakladani_odpady_2017/\\$FILE/OOD_P-Produkce_a_nakladani_2017-20181003.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/produkce_nakladani_odpady_2017/$FILE/OOD_P-Produkce_a_nakladani_2017-20181003.pdf)
- [20] Produkce odpadů v porovnání s HDP. In: *Vítejte na Zemi* [online]. Praha 10: CENIA [cit. 2019-07-18]. Dostupné z: http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=produkce_odpadu_v_porovnani_s_hdp&site=odpady
- [21] Celková produkce odpadů. *ISSaR* [online]. Praha: ISSaR, 2017 [cit. 2019-07-07]. Dostupné z: <https://issar.cenia.cz/prehled-klicovych-indikatoru-podle-hlavnich-temat/09-odpady-a-materialove-toky/01-celkova-produkce-odpadu/>
- [22] Materiálové využití odpadů. *Vítejte na Zemi* [online]. Praha: CENIA, 2017 [cit. 2019-07-07]. Dostupné z: <http://www.vitejtenazemi.cz/cenia/index.php?p=index&site=default>
- [23] Celková produkce komunálních odpadů v ČR. *ISSaR* [online]. Vršovická 1442/65 Praha 10 100 10: CENIA, 2017 [cit. 2019-07-07]. Dostupné z: <https://issar.cenia.cz/prehled-klicovych-indikatoru-podle-hlavnich-temat/09-odpady-a-materialove-toky/02-produkce-a-nakladani-s-komunalnimi-odpady/>
- [24] SYSTÉM SBĚRU KOMUNÁLNÍHO ODPADU V PRAZE. *Portál životního prostředí* [online]. Praha: portál životního prostředí [cit. 2019-07-08]. Dostupné z: http://portalzp.praha.eu/jnp/cz/odpady/pro_obcany/system_sberu_komunalniho_odpadu_v_praze/index.xhtml
- [25] Waste Transfer Stations: A Manual for Decision-Making. In: *Environmental Protection Agency* [online]. USA: United States Environmental Protection Agency, 2002 [cit. 2019-07-18]. Dostupné z: <https://www.epa.gov/sites/production/files/2016-03/documents/r02002.pdf>

- [26] Vertical Waste Transfer Station. In: *Presto* [online]. EU [cit. 2019-07-22]. Dostupné z: <https://www.presto.eu/en/products/transfer-station-and-shifting-plant/transfer-station.html>
- [27] Vertical Waste Transfer Station. *Youtube* [online]. 2012 [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: https://www.youtube.com/watch?time_continue=56&v=C9c-fGKd_hE
- [28] Mobilní samolisovací kontejner ASK 10 – 24. *INDUSTRY VISION PROGRESS GROUP* [online]. Roztoky u Prahy: IVP CZ a.s. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <http://www.ivp.cz/mobilni-lisovaci-kontejnery/ask10-24.html>
- [29] Fully Underground. *Green World Group* [online]. Chennai, TamilNadu, India: EcoGarb [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://www.greenworldgroup.com/wastecare-products/compactors/underground-compactors/>
- [30] Stacionární lisy. *M.B.T. GmbH* [online]. Praha: Waste Tec s.r.o. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <http://lisy-mbt.com/stacionarni-lisy/>
- [31] Lisovací kontejnery a návěsy s vytlačovacím beranem. *MOUDER* [online]. Syneč: MOUDER s.r.o. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://www.mouder.cz/lisovac-kontejnery>
- [32] Šnekové lisy. *M.B.T. Excelentí lisy odpadů* [online]. Praha: Waste Tec s.r.o. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <http://lisy-mbt.com/snekove-lisy/>
- [33] MAC 112: THE LARGE-SIZED BALER FOR MUNICIPAL SOLID WASTE. *Macpresse Europa* [online]. Vernate - Milano - Italy [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <http://www.macpresse.com/en/prodotti/waste-baler-mac-112/>
- [34] Lisy na odpadové sběrné nádoby. *M.B.T. Excelentí lisy odpadů* [online]. Waste Tec s.r.o. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <http://lisy-mbt.com/lisy-na-odpadove-sberne-nadoby/>
- [35] Lisovací zařízení směsného odpadu do kontejneru. *M.B.T. Excelentí lisy odpadů* [online]. Praha: Waste Tec s.r.o. [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <http://lisy-mbt.com/briketovaci-zarizeni-na-odpad/>
- [36] Vertical Waste Transfer Station System. *PEAKS-ECO* [online]. Beijing City: Dezhou Qunfeng Machinery [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://www.peaks-eco.com/large-waste-transfer-station-system/vertical-waste-compaction-system1-22.html>
- [37] PRESTO TRANSFER STATION. *Presto* [online]. PRESTO GmbH & Co. KG [cit. 2020-01-12]. Dostupné z: <https://www.presto.eu/en/products/transfer-station-and-shifting-plant/transfer-station.html>
- [38] ŠKROPÁN, Miroslav. *Hydraulické pohony strojů*. Brno, 2009.. Studijní text - sylabus. Ústav dopravní techniky, Vysoké učení technické v brně, Fakulta strojního inženýrství.
- [39] *Hydromotory a hydrogenerátory* [online]. Opava, 2012 [cit. 2019-12-08]. Dostupné z: https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablon/SPS_III/VY_32_INOVACE_C-08-19.pdf. Vzdělávací materiál. SŠPU Opava.
- [40] HELLER, Josef. *Pohony a přenosy II*. Praha: ČVUT, 1988.

- [41] Synchronizing cylinder movement. *Hydraulics pneumatics* [online]. Hydraulicspneumatics, 2010 [cit. 2019-12-11]. Dostupné z: <https://www.hydraulicspneumatics.com/other-technologies/book-2-chapter-22-synchronizing-cylinder-movement>
- [42] Hydraulic cylinders Mill type. *Bosch Rexroth* [online]. Bosch Rexroth [cit. 2020-01-07]. Dostupné z: https://md.boschrexroth.com/modules/BRMV2PDFDownload-internet.dll/re17335_2017-07.pdf?db=brmv2&lvid=1202230&mvid=14384&clid=20&sid=EFA37514BC4D9C4CDFBF1A4214422DB2.s142-vm&sch=M&id=14384,20,1202230
- [43] Vodící a převáděcí kladky DSRB S. *TECHLAN* [online]. Olomouc [cit. 2020-01-02]. Dostupné z: <https://www.techlan.cz/vodici-a-prevadeci-kladky-dsrb-s>
- [44] Bearings Profiles Special machines. *FSG* [online]. FSG GmbH & Co. KG [cit. 2019-12-16]. Dostupné z: <https://www.fs-g.eu/files/Katalog-English.pdf>
- [45] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření*. 4. dopl. vyd. Úvaly: Albra, 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [46] V3 (series 30 & 40). [Http://www.pqstechnology.cz/](http://www.pqstechnology.cz/) [online]. Rakovník: PQS Technology, Ltd., 2013 [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <http://pqstechnology.cz/files/dokumenty/KE1015-V3-30-40.pdf>
- [47] Elektromotor SIEMENS 5.5kW,1450ot, 1LE1002-1CB03. *Elektromotory Moravec s.r.o.* [online]. Hoštejn: Elektromotory Moravec s.r.o. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.elektromotory.net/siemens/1la7-1500-otacek/1le1001-6-2-1.html>
- [48] Hydraulický agregát - SA4. *ARGO-HYTOS* [online]. Vrchlabí: ARGO-HYTOS s.r.o., 2016 [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: https://www.argo-hytos.com/fileadmin/user_upload/Katalog_SA4_hc7100_CZ.pdf
- [49] NÁVRH PRŮTOKŮ HADIC. *HYDROLINE hydraulické a spojovací prvky* [online]. Praha: Hydroline s.r.o., 2004 [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: https://www.hydroline.cz/hadice_13.html
- [50] VYSOKÉ TLAKY - hydraulické trubky. *TUBES International* [online]. Ostrava: Tubes International s.r.o. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.tubes-international.cz/wp-content/uploads/katalog-pdf-cz/vysoke-tlaky/hydraulicke-trubky.pdf>
- [51] Pryžové hydraulické hadice. *TUBES International* [online]. Bohumínská: Tubes International s.r.o. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.tubes-international.cz/wp-content/uploads/katalog-pdf-cz/vysoke-tlaky/pryzove-hydraulicke-hadice.pdf>
- [52] VYSOKÉ TLAKY - spojky JIC 37°. *TUBES International* [online]. Ostrava: Tubes International s.r.o. [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: <https://www.tubes-international.cz/wp-content/uploads/katalog-pdf-cz/vysoke-tlaky/sroubeni-pro-hydraulicke-trubky-sae-j514-jic-37.pdf>
- [53] Series E2.26 - e-chain, crossbars openable along the outer radius, from both sides. *IGUS plastics for longer life* [online]. Litoměřice: IGUS [cit. 2020-01-13]. Dostupné z: https://www.igus.cz/iPro/iPro_01_0075_0001_GBen.htm?c=CZ&l=cs

Seznam obrázků

Obrázek 1 – Horizontální víceúrovňové překladiště odpadu s násypkou,	11
Obrázek 2 – Vertikální víceúrovňové překladiště odpadu [27]	12
Obrázek 3 – Podzemní samolisovací kontejner s výtahem [29]	13
Obrázek 4 – Stacionární lis s připojeným kontejnerem [30]	13
Obrázek 5 - Mechanismus lisování pomocí čelistí [19]	14
Obrázek 6 - Řez lisovací komorou [19]	14
Obrázek 7 – Lis na maloobjemové nádoby na SKO (vlevo) a na kontejnery na SKO (vpravo) [34]	15
Obrázek 8 – Malý lis s přistavenou nádobou na SKO [35]	15
Obrázek 9 - Vertikální překladiště [36]	16
Obrázek 10 – skladování a nakládání prázdných kontejnerů na vozidlo [37]	16
Obrázek 11 – Zubový generátor s	18
Obrázek 12 – HG s lamelami ,1 – statorový koružek, 2 - rotor, 3 - lamela [40]	18
Obrázek 13 – Pístový HG [38]	18
Obrázek 14 – Typy přímočarých hydraulických motorů [38]	19
Obrázek 15 – Druhy jednostupňových ventilů [38]	20
Obrázek 16 – Clona a tryska [38]	20
Obrázek 17 – Škrťící ventily [38]	21
Obrázek 18 – Schématická značka dvoucestného škrťícího ventilu [38]	21
Obrázek 19 – Typy jednosměrných ventilů – [38]	21
Obrázek 20 – Hydraulický zámek [38]	22
Obrázek 21 – Druhy rozváděčů [38]	22
Obrázek 22 - Hydraulické akumulátory – zleva – závažový, pružinový a plynový [38]	23
Obrázek 23 - Použití filtrů v obvodu [38]	23
Obrázek 24 - Nerovnoměrné zatížení dvou hydraulických válců – [41]	24
Obrázek 25 - Schématické zobrazení sériového zapojení dvou hydromotorů	24
Obrázek 26 – Synchronizace pomocí děliče průtoků – řez děličem průtok [38]	25
Obrázek 27 – Schématické zobrazení uspořádání překladiště: 1. svozové vozidlo, 2. násypka, 3. dopravník, 4. otočná konstrukce na kontejner, 5. kontejner, 6. vozík	26
Obrázek 28 - Otočná konstrukce kontejneru	27
Obrázek 29 - Rozměry otočné konstrukce s kontejnerem	27
Obrázek 30 – Koncepční návrh stanoviště násypky spojené s lisovacím zařízením	30
Obrázek 31 – Fáze plnění kontejneru odpadem	31
Obrázek 32 – Rám svařence násypky	32
Obrázek 33 – Křídla dveří násypky	33
Obrázek 34 - Zajišťovací mechanismus dveří násypky pro lisování odpadu – řez	33
Obrázek 35 - Působení sil na křídlo dveří K_1 při jejich zvedání	34
Obrázek 36 – Uchycení držáků hydromotoru HM_2 na rámu násypky	36
Obrázek 37 - Uchycení držáku hydromotoru HM_1 na rámu násypky	36
Obrázek 38 – Mechanická synchronizace posuvu hydromotorů HM_1 – schéma působení sil .	37
Obrázek 39 – Vodící a převáděcí kladka [43]	38
Obrázek 40 - Umístění rolen na rámu násypky a detail jedné rolny	40
Obrázek 41 - Uchycení hydraulických hadic na násypce	41
Obrázek 42 – Zaplechování násypky	42
Obrázek 43 – Ocelová nosná konstrukce	43
Obrázek 44 – Žebříku s ochrannou klecí	44
Obrázek 45 - Pochozí lávka se zábradlím	44

Obrázek 46 – Upevnění držáku U-profilů lineárního vedení.....	45
Obrázek 47- Držák U – profilu lineárního vedení.....	45
Obrázek 48 – Uchycení držáku hydromotoru HM ₁ na nosné konstrukci.....	46
Obrázek 49 – Redukovaná délka pro kontrolu na vzpěr [42].....	47
Obrázek 50 – <i>Popis nádrže – b – vypouštěcí zátka na dně nádrže, c – vypouštěcí zátka sběrného žlábků v horní straně, d – víko pro čištění na boku nádrže, e-příšroubované víko s protiprachovým těsněním, f-zemnicí šroub, g – spojitý olejznak</i> [48]	54
Obrázek 51 – Hadice HW-2SN [51]	54
Obrázek 52 - Kompletace spojky JIC37 [52]	55
Obrázek 53 – Schéma hydraulického obvodu.....	57
Obrázek 54 - Deformace a napětí na rámu násypky při zvedání násypky	58
Obrázek 55 – Deformace a napětí na rámu násypky při lisování odpadu	59
Obrázek 56 - Deformace a napětí na rámu násypky při zvedání dveří	59
Obrázek 57 - Deformace a napětí na rámu a plochách dveří při zvedání lisování odpadu	60
Obrázek 58 - Detail globálních deformací a napětí při zvedání násypky v místě uchycení HM ₁	61
Obrázek 59 – Globální deformace na nosné konstrukci při zvedání násypky.....	61
Obrázek 60 - Detail globálních deformací a napětí při zvedání násypky v místě uchycení HM ₁	62
Obrázek 61 - Detail globálních deformací a napětí přenášené jedním hydromotorem HM ₁ ...	63
Obrázek 62 - Globální deformace na nosné konstrukci při zatížení jednoho hydromotoru	63

Seznam tabulek

Tabulka 1 – Celková produkce odpadu pro Českou republiku v letech 2009-2017 [5]	7
Tabulka 2 – Složení celkové produkce odpadu pro rok 2017 [7]	7
Tabulka 3 – Využití odpadu pro roky 2009-2017 [7]	8
Tabulka 4 – Produkce KO a SKO roky 2009–2017 v ČR [9]	8
Tabulka 5 – Využití KO v ČR pro roky 2009-2017 [9]	9
Tabulka 6 – Vstupní zadané parametry	28
Tabulka 7 – Soupis použitých profilů pro svařenec rámu	32
Tabulka 8 – Parametry kombinované rolny U2EX-1490-HT [30]	39
Tabulka 9 – Výsledné parametry násypky	42
Tabulka 10 - Parametry pro volbu hydromotorů HM ₁	46
Tabulka 11 – Označení a rozměry hydromotorů	51
Tabulka 12 – Fáze lisovacího cyklu	51
Tabulka 13 – Technické údaje lamelového regulačního hydrogenerátoru [32]	52
Tabulka 14 – Technické údaje elektromotoru [33]	53
Tabulka 15 - Parametry trubek a hadic hydraulického okruhu	55

Seznam symbolů a zkratek

a	mm	Vzdálenost osy čepu hydromotoru 1 od středu násypky
b	mm	Vzdálenost osy čepu hydromotoru 1 od osy lana
C_{a_rolna}	kN	Statické axiální zatížení
C_{rolna}	kN	Statické radiální zatížení
d_{1HM1}	mm	Průměru válce hydromotoru 1
d_{1HM1}^*	mm	Minimální průměr válce hydromotoru 1
d_{1HM2}	mm	Průměru válce hydromotoru 2
d_{1HM3}	mm	Průměru válce hydromotoru 3
d_{2HM1}	mm	Průměru pístnice hydromotoru 1
d_{2HM2}	mm	Průměru pístnice hydromotoru 2
d_{2HM3}	mm	Průměru pístnice hydromotoru 3
D_h	mm	Průměr hadice
d_{K1}	mm	Průměr kladky
d_{L1}	mm	Průměr lana
d_{minHM1}	mm	Minimální průměr pístnice hydromotoru 1
d_{rolna}	mm	Průměr rolny
D_t	mm	Průměr trubky
F_{ax_lis}	N	Axiální zatížení rolny
F_{dl1}	N	Dovoleného zatížení lana
F_{HM1_A}	N	Síla vyvolaná hydromotorem 1
F_{HM2}	N	Síla potřebná pro zvednutí křídla dveří 1
F_{HM2_v}	N	Síla vyvolaná hydromotorem 2 na tah
F_{HM2_x}	N	Síla v ose x
F_{HM2_y}	N	Síla v ose y
F_{krHM1}	N	Kritická síla pro pístnici hydromotoru 1
F_{l1}	N	Lisovací síla jednoho hydromotoru 1
F_{L1}	N	Síla přenášená lanem
F_{lp}	N	Potřebná síla pro lisování násypkou
F_{lp1}	N	Potřebná síla pro lisování násypkou od 1 hydromotoru 1
F_{pl}	N	Jmenovitá nosnost lana
F_{plis}	N	Požadovaná síla lisování
F_{rad_lis}	N	Radiální zatížení rolny
F_{z1}	N	Potřebná síla pro zvedání násypky od 1 hydromotoru 1
F_{z1HM1}	N	Max síla vyvolaná hydromotorem 1 pro zdvih násypky
g	$m \cdot s^{-2}$	Tíhové zrychlení
G_{k1}	N	Síla od gravitačního zrychlení působícího na křídlo K_1
G_N	N	Síla od gravitačního zrychlení působícího na násypku
h_h	m	Vzdálenost hrany kolotoče od hrany kontejneru

h_{HM1}	mm	Zdvih hydromotoru 1
h_{HM2}	mm	Zdvih hydromotoru 2
h_{HM3}	mm	Zdvih hydromotoru 3
h_{LIS}	m	Hloubka lisování
HM_1	-	Hydromotor 1
HM_2	-	Hydromotor 2
HM_3	-	Hydromotor 3
h_{nas}	mm	Výška násypky
I_{minHM1}	mm^4	Kvadratický moment průřezu pístnice hydromotoru 1
K_1	-	Křídlo dveří 1
K_2	-	Křídlo dveří 2
KO	-	Komunální odpad
k_{vHM1}	-	Bezpečnost na vzpěr pístnice hydromotoru 1
L_{HM1}	mm	Délka hydromotoru 1
l_{hm2}	mm	Vzdálenost osy čepu pantu dveří od těžiště K_1
L_{KHM1}	mm	Redukovaná délka hydromotoru 1
l_{TK1}	mm	Vzdálenost osy čepu pantu dveří od osy čepu hydromotoru
l_{u300}	mm	Délka U profilu lineárního vedené
m_{em}	kg	Hmotnost elektromotoru
m_{k1}	kg	Hmotnost křídla dveří K_1
m_{k2}	kg	Hmotnost křídla dveří K_2
m_N	kg	Hmotnost násypky
m_{rolna}	kg	Hmotnost rolny
m_{u300}	kg	Hmotnost U profilu lineárního vedené
n	min^{-1}	Obecné otáčky
n_{em}	min^{-1}	Otáčky elektromotoru
n_{HG}	min^{-1}	Rozsah otáček hydrogenerátoru
P	-	Bod pantu dveří
p	bar	Obecný pracovní tlak
P_{em}	kW	Výkon elektromotoru
P_{nk1}	$N \cdot m^{-2}$	Spojitě zatížení při zvedání násypky
P_{nk2}	$N \cdot m^{-2}$	Spojitě zatížení při zvedání násypky - jeden hydromotor
POH	-	Plán odpadového hospodářství
p_{prac}	bar	Pracovní tlak hydraulického okruhu
p_{PV}	bar	Tlak na pojistném ventilu
Q_{HM}	$dm^3 \cdot min^{-1}$	Objemový průtok
Q_{nHG}	$dm^3 \cdot min^{-1}$	Jmenovitý průtok hydrogenerátoru
Q_{nHG}	$dm^3 \cdot min^{-1}$	Skutečný průtok hydrogenerátoru
Q_{pHM}	$dm^3 \cdot min^{-1}$	Požadovaný objemový průtok od hydrogenerátoru

r_{oh}	mm	Poloměr ohybu hadice
r_{ohe}	mm	Poloměr ohybu energo-řetězu
S	mm ²	Obecná plocha
S_{1HM1}	mm ²	Plocha průřezu válce hydromotoru 1
S_{1HM1}^*	mm ²	Minimální průměr válce hydromotoru 1
S_{1HM2}	mm ²	Plocha průřezu válce hydromotoru 2
S_{1HM3}	mm ²	Plocha průřezu válce hydromotoru 3
S_{2HM1}	mm ²	Plocha průřezu pístnice hydromotoru 1
S_{2HM2}	mm ²	Plocha průřezu pístnice hydromotoru 2
S_{2HM3}	mm ²	Plocha průřezu pístnice hydromotoru 3
SKO	-	Směsný komunální odpad
S_{m2HM1}	mm ²	Plocha mezikruží hydromotoru 1
\check{s}_K	m	Šířka kolotoče
\check{s}_{kd}	mm	Šířka dveří kontejneru
t	s	Trvání operace
t_{cyk}	s	Maximální trvání cyklu plnění a lisování
T_{k1}	-	Bod těžiště křídla dveří
u_d	mm	Globální deformace dveře
U_{em}	V	Napětí elektromotoru
u_{n1}	mm	Globální deformace násypky – zvedání
u_{n2}	mm	Globální deformace násypky – lisování
u_{n3}	mm	Globální deformace násypky – dveře
u_{nk1}	mm	Globální deformace nosná konstrukce – zvedání
u_{nk2}	mm	Globální deformace nosná konstrukce – lisování
u_{nk3}	mm	Globální deformace nosná konstrukce – jeden hydromotor
v	mm · s ⁻¹	Posuv hydromotoru
v_{bez}	mm · s ⁻¹	Bezpečná rychlost klesání násypky pro ruční upouštění
V_g	cm ³ · ot ⁻¹	Obecný geometrický objem
V_{gHG}	cm ³ · ot ⁻¹	Jmenovitý geometrický objem hydrogenerátoru
v_K	m	Výška kolotoče
v_{kd}	mm	Výška dveří kontejneru
V_N	l	Objem nádrže zvolený
V_{Nz}	l	Objem nádrže
α_k	°	Úhel
η	-	Obecná účinnost
η_{cel}	-	Celková účinnost hydrogenerátoru
λ_{mHM1}	-	Mezní štíhlost pístní tyče hydromotoru 1
λ_{mHM1}	-	Štíhlost pístní tyče hydromotoru 1

$\sigma_{\text{ekv, Max, Mises_d}}$	MPa	Napětí dveře plochy
$\sigma_{\text{ekv, Max, Mises_nk1}}$	MPa	Napětí nosná konstrukce – zvedání – pruty
$\sigma_{\text{ekv, Max, Mises_nk2}}$	MPa	Napětí nosná konstrukce – lisování – plochy
$\sigma_{\text{ekv, Max, Mises_nk3}}$	MPa	Napětí nosná konstrukce – jeden hydromotor – plochy
$\sigma_{\text{ekv, Mises_d}}$	MPa	Napětí dveře pruty
$\sigma_{\text{ekv, Mises_n1}}$	MPa	Napětí násypka – zvedání
$\sigma_{\text{ekv, Mises_n2}}$	MPa	Napětí násypka – lisování
$\sigma_{\text{ekv, Mises_n3}}$	MPa	Napětí násypka – dveře
$\sigma_{\text{ekv, Mises_nk1}}$	MPa	Napětí nosná konstrukce – zvedání – pruty
$\sigma_{\text{ekv, Mises_nk2}}$	MPa	Napětí nosná konstrukce – lisování – pruty
$\sigma_{\text{ekv, Mises_nk3}}$	MPa	Napětí nosná konstrukce – jeden hydromotor – pruty